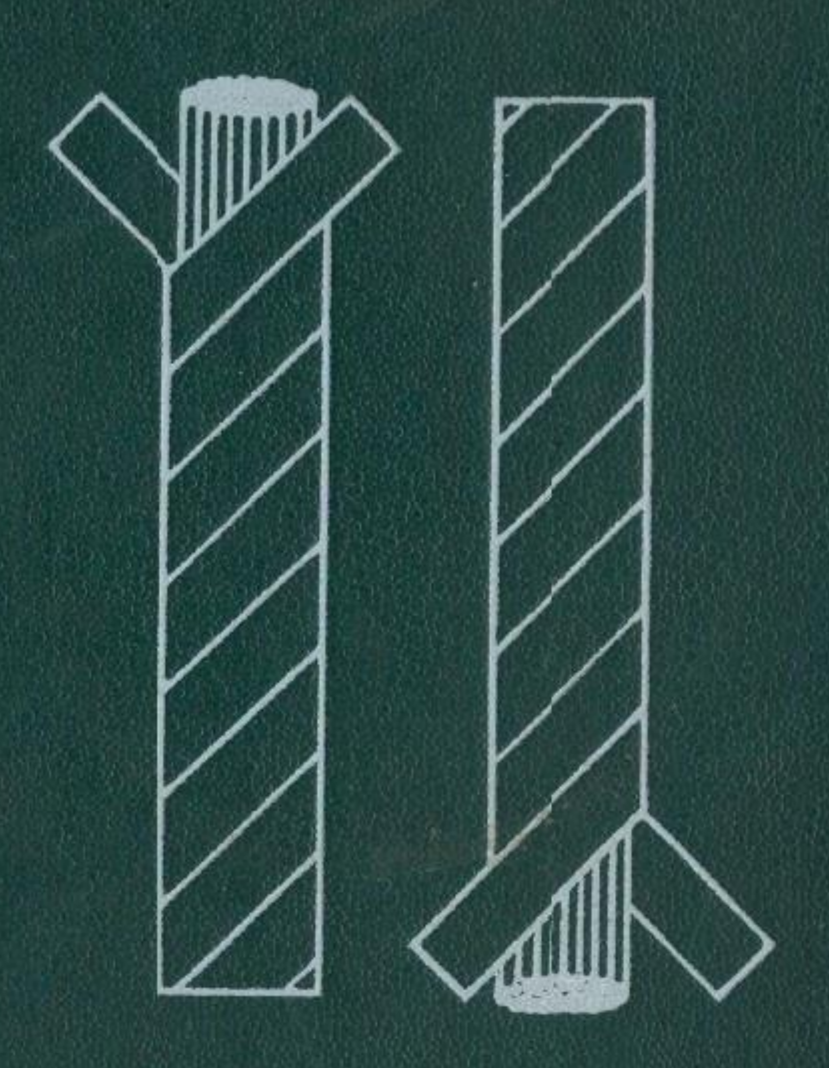
ن. بيريلموتر

اللف والعزل في المكنات والمحولات الكهربائية



دار «مير» موسكو

اللف والعزل . في المكنات والمحولات الكهربائية

اللف والعزل
فى المكنات والمحولات الكهربائية

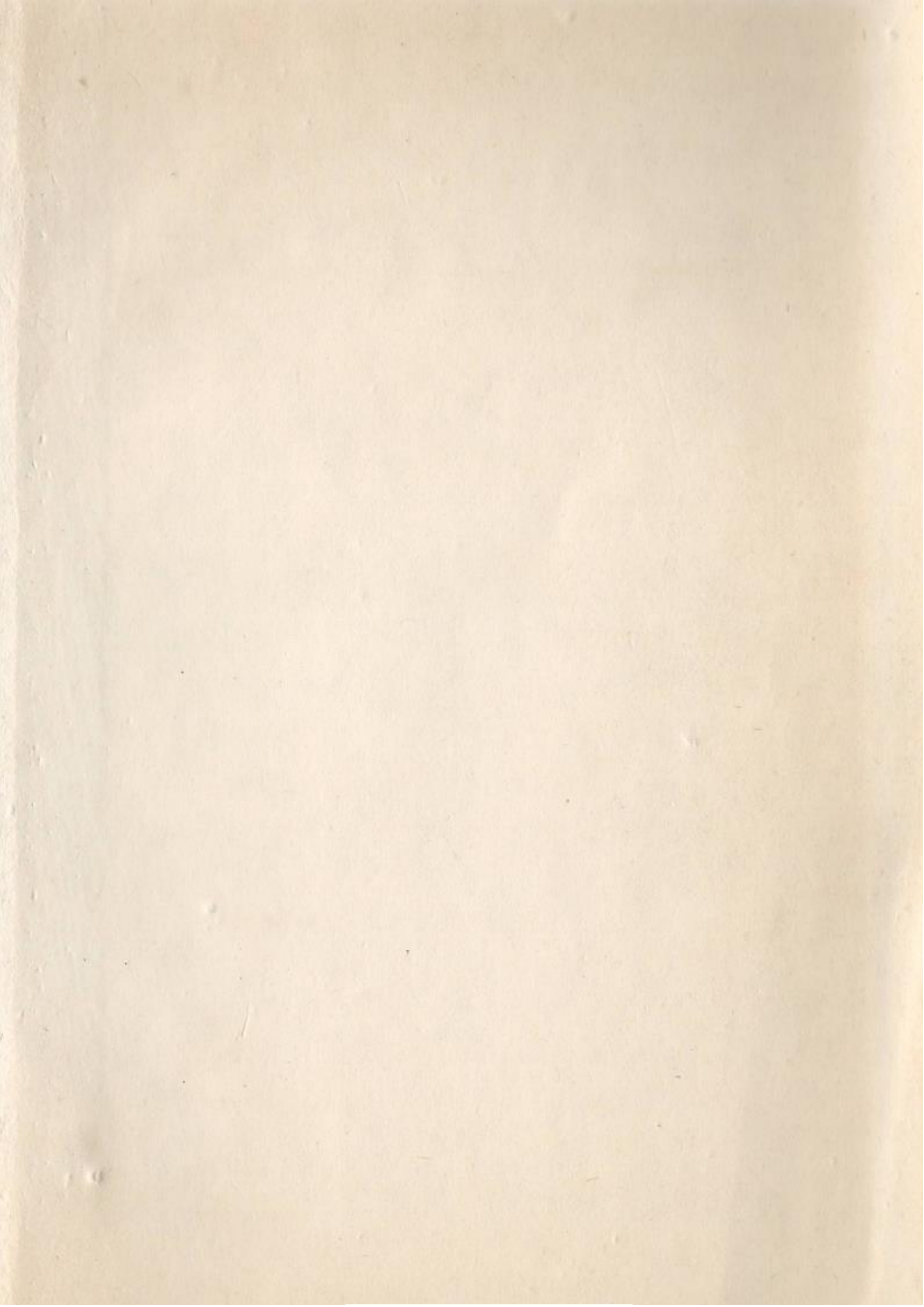
ن. بيريلموتر

اللف والعزل
فى المكنات والمحولات الكهربائية

ترجمة
المهندس عيسى الزيدى



دار «مير» موسكو



Н. М. Перельмутер

ЭЛЕКТРОМОНТЕР-ОБМОТЧИК И ИЗОЛИРОВЩИК ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ

Москва «Высшая школа»

На арабском языке

ISBN 5-03-000167-0

الباب الاول :

تركيب المحولات

البند ١ ـ تصنيف المحولات والغاية منها

تستخدم محولات القدرة لتحويل الفلطية فى شبكات التيار المتناوب. ويسمى المحول بالرافع اذا كان يرفع الفلطية ، ويسمى بالخافض اذا كان يخفضها ، كما ان المحول نفسه يمكن ان يستخدم لرفع الفلطية وخفضها أيضا .

والمحول هو عبارة عن تجهيزة كهرومغناطيسية استاتية ، اجزاؤها الرئيسية هى الموصل المغناطيسى (الدائرة المغناطيسية) والملفات . ويسمى الموصل المغناطيسى مع الملفات المركبة عليه بالجزء الفعال للمحول . اما العناصر المركبة الاخرى مثل ادوات التثبيت والمآخذ المعزولة والخزان وغيرها ، فتسمى بالاجزاء المساعدة وغير الفعالة .

تصنف المحولات بالطريقة التالية :

ـ حسب نوع التبريد: المحولات الجافة (بالتبريد الهوائى) ، والمحولات الزيتية (التبريد بالزيت) ؛

ـ حسب عدد الاطوار : المحولات الوحيدة الطور والمتعددة الاطوار ، بما فى ذلك المحولات الثلاثية الاطوار ، التى حظيت باستخدام واسع فى الشبكات الكهربائية ؛

ـ حسب شكل الموصل المغناطيسى : محولات ذات قلب حديدى ، ومحولات مغلفة ، ومحولات مغلفة ذات قلب ، ومحولات حلقية ؛

ـ حسب عدد الملفات : محولات بمفلين او بعدة ملفات (ملف واحد اولى وملفان ثانويان او أكثر) ؛

ـ حسب تصميم الملفات : محولات بملفات متمركزة أو متوالية .

وتثبت من قبل المصنع لوحة خاصة على المحول ، تكتب عليها المعطيات المقدرة ، كما ورد ذلك فى السجل المصنعى للمحول ، اى المدلولات الاساسية (القدرة والفلطية وشدة التيار ومعامل الكفاية وغير ذلك) ، التى تحدد نظام العمل المحسوب لهذا المحول . ويستخدم كذلك مصطلح «nominal» (المقدر او الاسمى) من اجل المقادير التى لا تذكر على اللوحة الخاصة ، ولكنها تتعلق بنظام العمل المقدر (فقدان الطاقة التقديرى فى فولاذ المحول وفى نحاس ملفاته والفقدان المقدر للفلطية وغير ذلك) .

وتتميز المحولات ايضا بالظروف المحددة لمكان تركيبها وتبريدها . فمثلا ، بالنسبة لمحولات القدرة الثلاثية الاطوار ، التى تبرد بالزيت وتستخدم لاغراض عامة ، تكون الظروف المقدرة لمكان تركيبها ، هى ان لا يزيد ارتفاعها عن ١٠٠٠ م عن مستوى سطح البحر .

تحدد قدرة المحول ذى الملفين حسب القدرة التقديرية لكل من الملفين ، اما فى المحول الثلاثى الملفات فتؤخذ القدرة الأكبر لملفاته الثلاثة . والقدرة التقديرية لملف المحول هى قدرته الكاملة فى الفرع الرئيسى (لان الملف قد يحتوى على عدة فروع) التى يضمنها المصنع اثناء نظام العمل المحسوب له ، وفى الظروف المقدرة لمكان التركيب ووسط التبريد ، كما يتحدد التيار المقدر لملف المحول حسب قدرته وفلطيته التقديريتين .

تقسم المحولات الشاملة الاغراض تبعا لقدرتها وفلطيتها الى المجموعات التالية :

I — محولات قدرتها اقل من ١٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها العليا تقل عن ٣٥ كيلوفولط ؛

II — محولات قدرتها اعلى من ١٠٠ كيلوفولط أمبير وأقل من ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها العليا اقل من ٣٥ كيلوفولط ؛

III — محولات قدرتها اعلى من ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها العليا اقل من ٣٥ كيلوفولط ؛

IV — محولات قدرتها اعلى من ٦٣٠٠ واقل من ٣٢٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها العليا اقل من ٣٥ كيلوفولط ؛

V – محولات قدرتها اعلى من ٣٢٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها اعلى من ٣٥ وأقل من ١١٠ كيلوفولط .

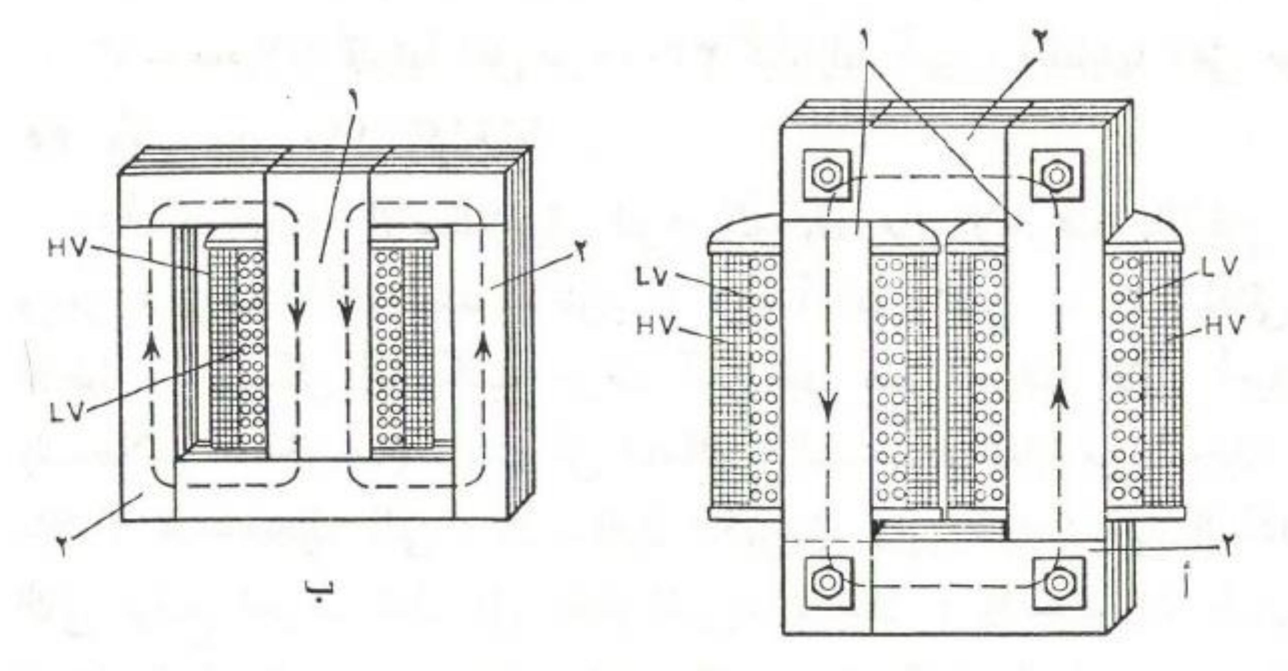
تتألف الرموز الاصطلاحية لنوع المحول من الاحرف والارقام . ويرمز الحرف الاول لعدد الاطوار : O – أحادى الطور ، T – ثلاثى الاطوار . ويمكن أن يكتب حرف آخر قبل هذا الحرف الاول أحيانا (للمحولات المتخصصة) ، يدل على خصائص التصميم او الغاية من المحول ، مثلا : A – محول ذاتى ، Э – للفرن الكهربائى وغير ذلك . وفى المكان الثانى توضع احرف تدل على نظام التبريد ، مثلا : M – دوران طبيعى للزيت والهواء (تبريد زيتى طبيعى) ؛ Д – دوران قسرى للهواء مع دوران طبيعى للزيت ؛ ДЦ – دوران قسرى للهواء والزيت ، Ц – دوران قسرى للماء والزيت ، C – تبريد طبيعى بالهواء والتصميم مكشوف (جاف) ، C3 – تبريد طبيعى بالهواء والتصميم محمى بهيكل واق . وفى المكان الثالث يكتب الحرف الذى يدل على الخواص الاضافية للمحول ، فمثلا : H – تدل على ان فلطية المحول تضبط تحت الحمولة .

اما القسم الرقمى للرموز فيتألف من كسر يرمز بسطه (صورته) لقدرة المحول المقدرة بالكيلوفولط أمبير ، ويرمز مقامه (مخرجه) الى فلطية الملف ذى الفلطية العليا (صنف الفلطية) بالكيلوفولط . وبالنسبة للمحولات المصنوعة قبل عام ١٩٧٥ فيضاف الى الرموز الرقمية المذكورة ، رقم يدل على سنة الصنع (الرقمان الاخيران) وكذلك رموز الظروف المناخية لاماكن تشغيلها .

البند ٢ – المحولات الأحادية الطور

تقسم المحولات الأحادية الطور حسب شكل المنظومة المغناطيسية الى محولات ذات قلب حديدى ، ومحولات مغلفة .

ففى المحولات الأحادية الطور ذات القلب (شكل ١ – أ) يوجد مقرنان (نيران) يغلقان الدائرة المغناطيسية بجوار السطوح الطرفية للملفات دون



الشكل ١ – المحولات الأحادية الطور :
أ – محول ذو قلب حديدى ب – محول مغلف ، *HV* – ملف الفلطية العالية ، *LV* – ملف الفلطية المنخفضة ؛ ١ – قلب ، ٢ – مقرن

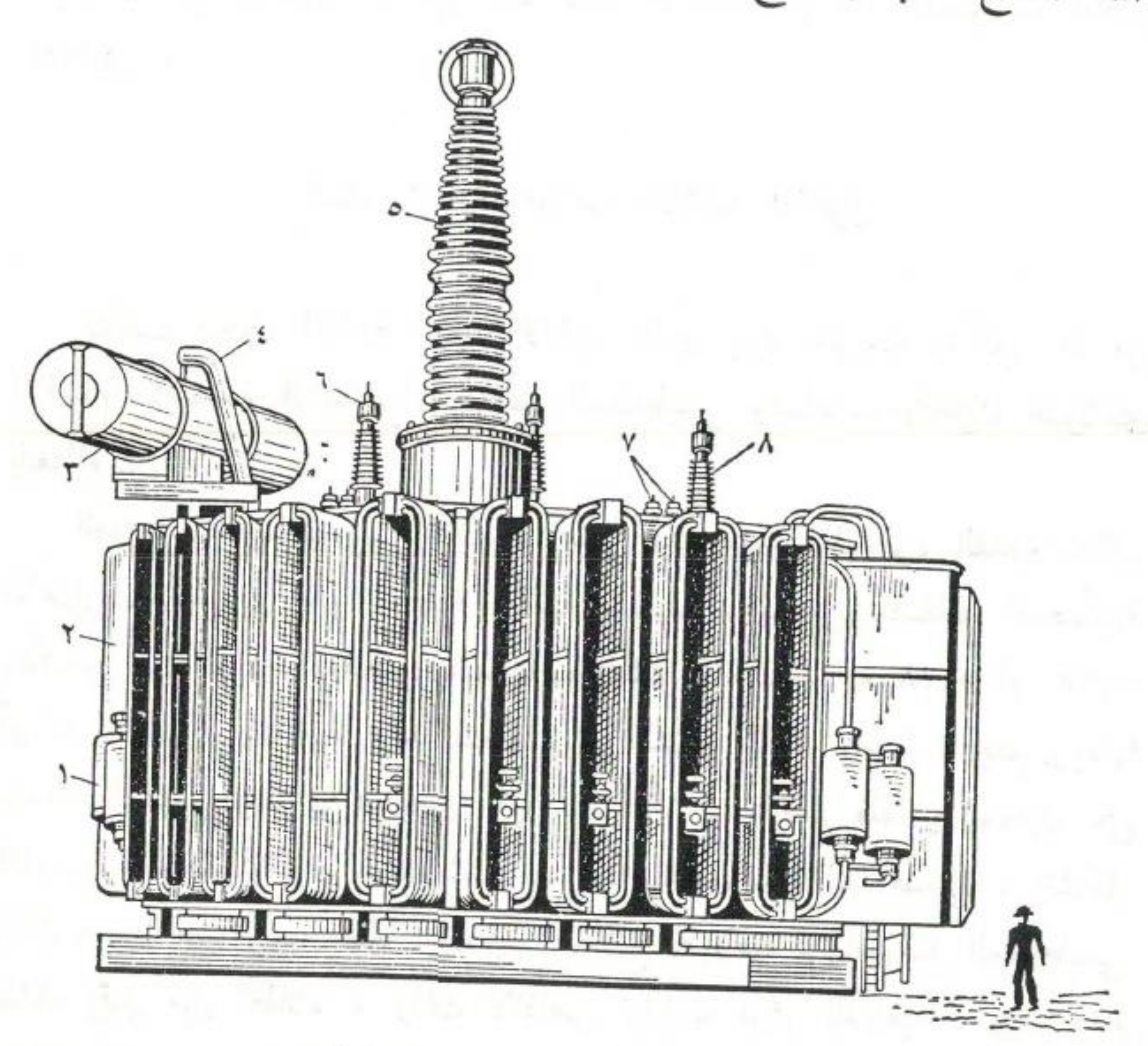
الاحاطة بسطوحها الجانبية ، اما القلوب الحاملة للملفات فتتوضع بشكل رأسى .

تختلف المحولات المغلفة الأحادية الطور (شكل ١ – ب) عن المحولات ذات القلب ، بان المقرنات فيها لا تتجاور مع السطوح الطرفية للملفات فحسب ، بل وتتجاور ايضا مع سطوحها الجانبية . ويمكن لقلوب المحولات الأحادية الطور ان تتوضع بشكل افقى أو رأسى .

وهناك نوع مغلف – قلبى يتوسط بين الموصل المغناطيسى المغلف والموصل المغناطيسى ذى القلب ، تكون لقسم من قلوبه مقرنات جانبية . فالموصل المغناطيسى المغلف – القلبى فى المحول الأحادى الطور يتألف من قلوب متوضعة بشكل رأسى تركب الملفات عليها ، وتكون اسطوانية الشكل عادة . وفى نفس الوقت تشكل المقرنات العليا والسفلى والجانبية دائرة مغناطيسية متشعبة ، وتحيط بملفات بعض القلوب من الجهات الجانبية . ويستخدم هذا النوع من الموصلات المغناطيسية فى المحولات الكبيرة القدرة .

يجرى تجميع الموصلات المغناطيسية للمحولات من الصفائح المصنوعة بطريقة القص على المكابس من الالواح الرقيقة الفولاذية .

وبحسب طريقة ربط القلوب مع المقرنات ، تقسم الموصلات المغناطيسية الى تناكبية ، حيث تجمع المقرنات بشكل منفصل عن القلوب ومن ثم توصل (تناكبيا) مع بعضها ، ومتداخلة حيث لا تكون القلوب والمقرنات عبارة عن عناصر منفصلة ؛ بينما تتشابك صفائح القلوب والمقرنات (تتداخل) . ويمكن للموصلات المغناطيسية ان تكون بتصميم بينى ، عندما تتداخل صفائح المقرن السفلى مع صفائح القلوب ، اما المقرن العلوى فيوضع بشكل تناكبى . ولا تستخدم فى صناعة المحولات السوفييتية موصلات مغناطيسية بالربط التناكبى ، كما أن الموصلات المغناطيسية المتداخلة قد تنفذ حسب شكل وصلة صفائح القلب وصفائح المقرن ، بوصلات قائمة أو مائلة .



الشكل ٢ — محول أحادى الطور ثلاثى الملفات :
١ — مصفاة تجديد الزيت ، ٢ — مبرد ، ٣ — خزان تمدد ، ٤ — انبوبة الانفلات ، ٥ — مأخذ الفلطية العالية ، ٦ — مأخذ الفلطية المتوسطة ، ٧ — مآخذ الفلطية المنخفضة ، ٨ — مأخذ الخط المحايد لملف الفلطية العالية

وفى المحولات الأحادية الطور ، يرمز لبداية الملفات بالحرفين Aa ولنهايتها بالحرفين Xx : ويرمز بالاحرف الكبيرة لملفات الفلطية الاعلى وبالاحرف الصغيرة لملفات الفلطية الاخفض . واذا وجد ملف ثالث بفلطية متوسطة فى المحول الأحادى الطور بالاضافة الى الملفين الاولى والثانوى ، فيرمز لبدايته Am ولنهايته Xm .

يبين الشكل ٢ محول قدرة أحادى الطور وخافض للفلطية ذا قدرة عالية ، يتألف من ثلاثة ملفات .

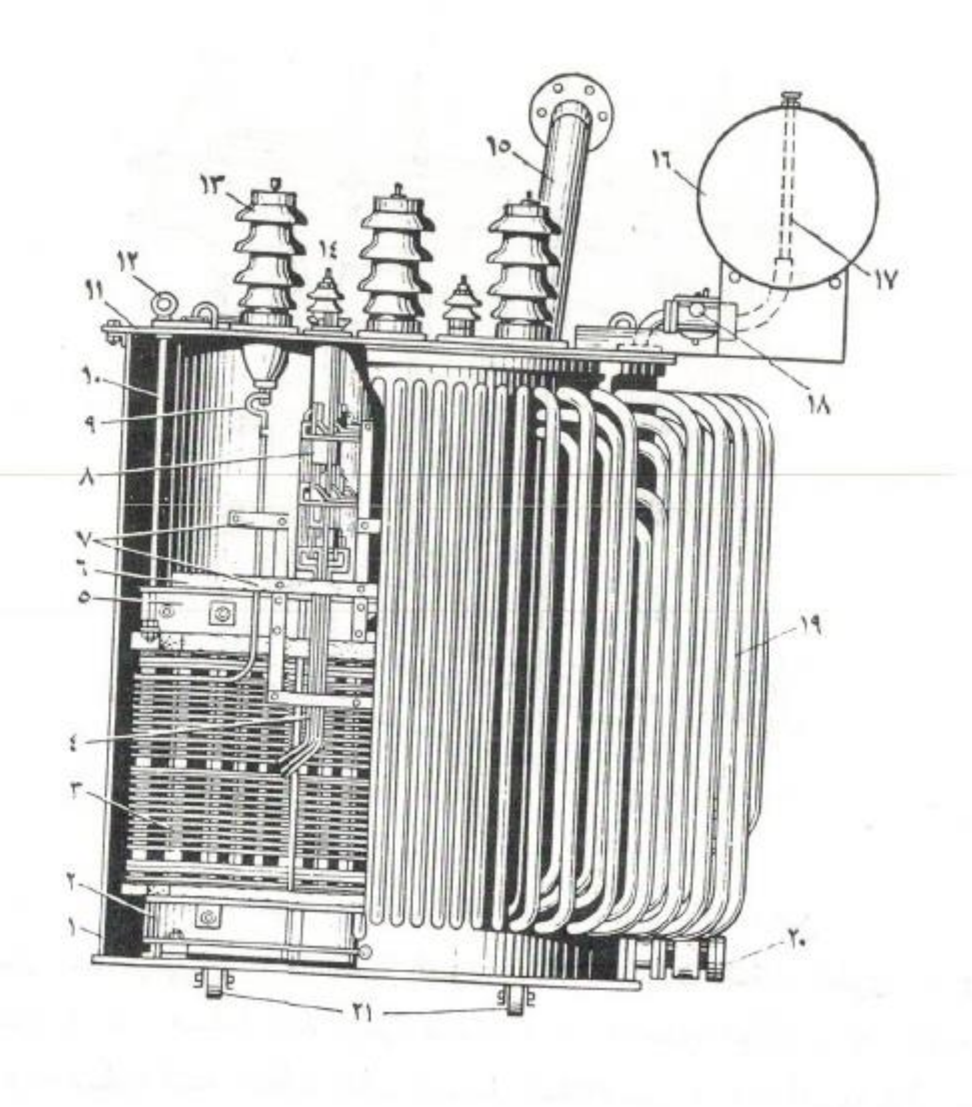
ويمكن استخدام ثلاثة محولات أحادية الطور لتحويل الفلطية فى شبكات التيار الثلاثى الاطوار ، غير انه غالبا ما تستخدم هنا المحولات الثلاثية الاطوار .

البند ٣ ـ المحولات الثلاثية الاطوار

يتألف محول القدرة ثلاثى الاطوار الذى يبرد بالزيت (شكل ٣) من الأقسام الاساسية التالية : الموصل المغناطيسى والملفات والخزان الفولاذى والغطاء .

الموصل المغناطيسى . ان الموصل المغناطيسى لمحول القدرة ثلاثى الاطوار (شكل ٤) هو تجهيزة جاسئة يتم تجميعها من الصفائح المصنوعة بالكبس من الفولاذ الخاص بالمعدات الكهربائية بسماكة ٠,٢٨ أو ٠,٣٥ أو ٠,٥ مم ، وتتألف هذه التجهيزة من ثلاثة قلوب رأسية ١ يتم ربطها بواسطة المقرنين (النيرين) العلوى ٢ والسفلى ١٢ . وتتوضع ملفات المحول على القلوب الرأسية . وتقوم المقرنات بربط قلوب الموصل المغناطيسى ، وتشكل بذلك محيطا مغناطيسيا مغلقا . وتغطى الصفائح الفولاذية فى الموصل المغناطيسى بغشاء رقيق من الطلاء ، وذلك لانقاص تيارات فوكو الدوامية . ويستخدم كذلك ملف من شريط الفولاذ الكهربائى والمزود بتغطية عازلة للحرارة ، لتحضير الموصلات المغناطيسية ، حيث أنها لا تحتاج الى تغطيتها بالطلاء .

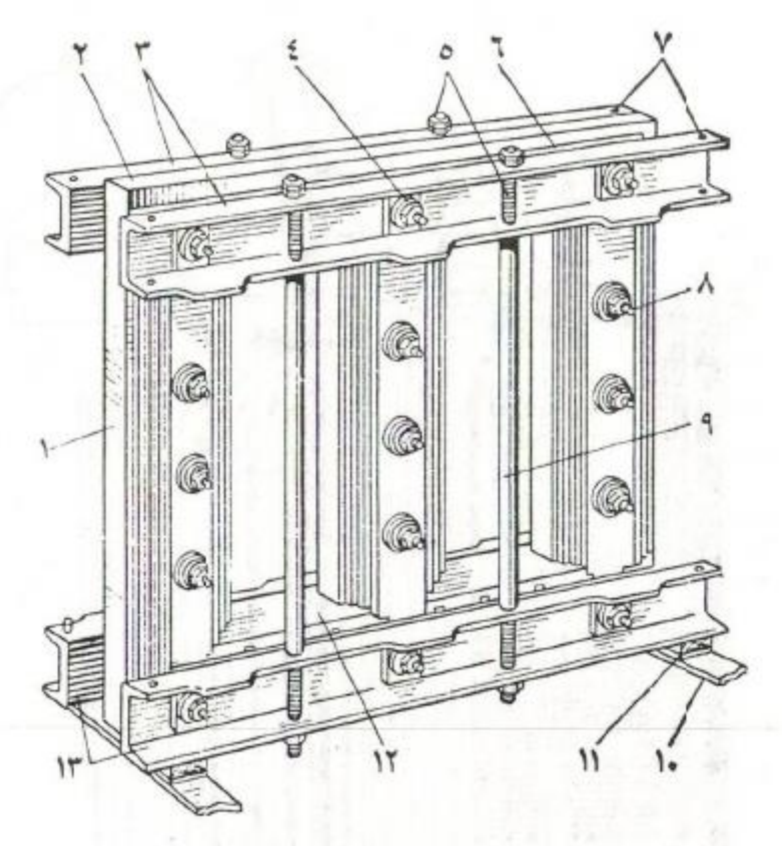
تصنع القلوب والمقرنات فى الموصلات المغناطيسية بحيث يكون مقطعها



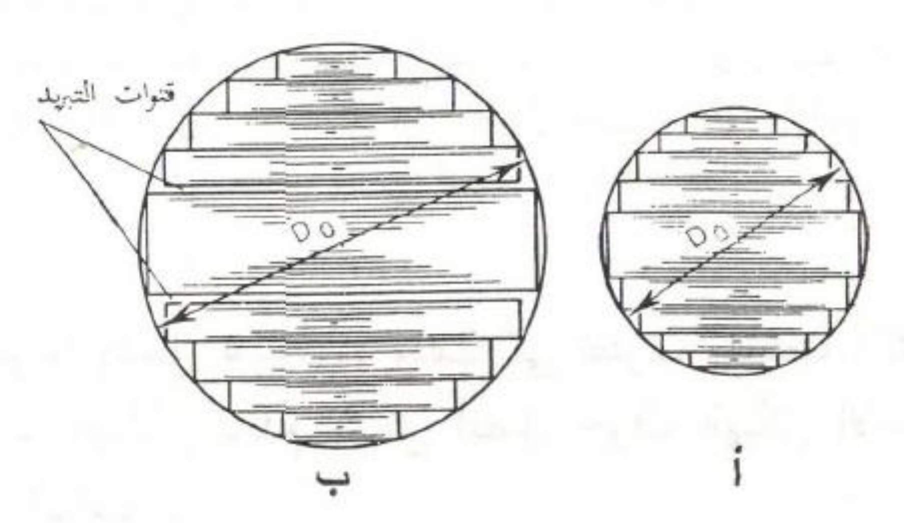
الشكل ٣ – محول قدرة ثلاثى الاطوار ، قدرته ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، ويبرد بالزيت : ١ – الخزان ، ٢ – العتبة السفلية لمقرن الموصل المغناطيسى ، ٣ – ملف الفلطية العالية ، ٤ – فروع الضبط الذاهبة الى مفتاح التحويل ، ٥ – العتبة العلوية لمقرن الموصل المغناطيسى ، ٦ – الموصل المغناطيسى ، ٧ – صفائح خشبية ، ٨ – تفريعة من ملف الفلطية العالية ، ٩ – مفتاح التحويل ، ١٠ – صبلمة الرفع ، ١١ – غطاء الخزان ، ١٢ – حلقة الرفع ، ١٣ – مأخذ ملف الفلطية العالية ، ١٤ – مأخذ ملف الفلطية المنخفضة ، ١٥ – انبوبة الانفلات ، ١٦ – خزان التمدد (مكثف) ، ١٧ – مؤشر الزيت ، ١٨ – مرحل غازى ، ١٩ – اذابيب دوران الزيت ، ٢٠ – حنفية تفريغ الزيت ، ٢١ – عجلات

العرضى متدرجا (شكل ٥ – أ) ، وذلك كى تقترب مقاطعها أكثر ما يمكن من الدائرة ، حيث يستخدم بشكل أفضل جوف الهيكل الاسطوانى الذى يُلف عليه الملف .

وفى القلوب المتدرجة للموصلات المغناطيسية للمحولات ذات القدرة الكبيرة تتشكل أقنية (شكل ٥ – ب) تزيد من امكانية تصريف الحرارة .



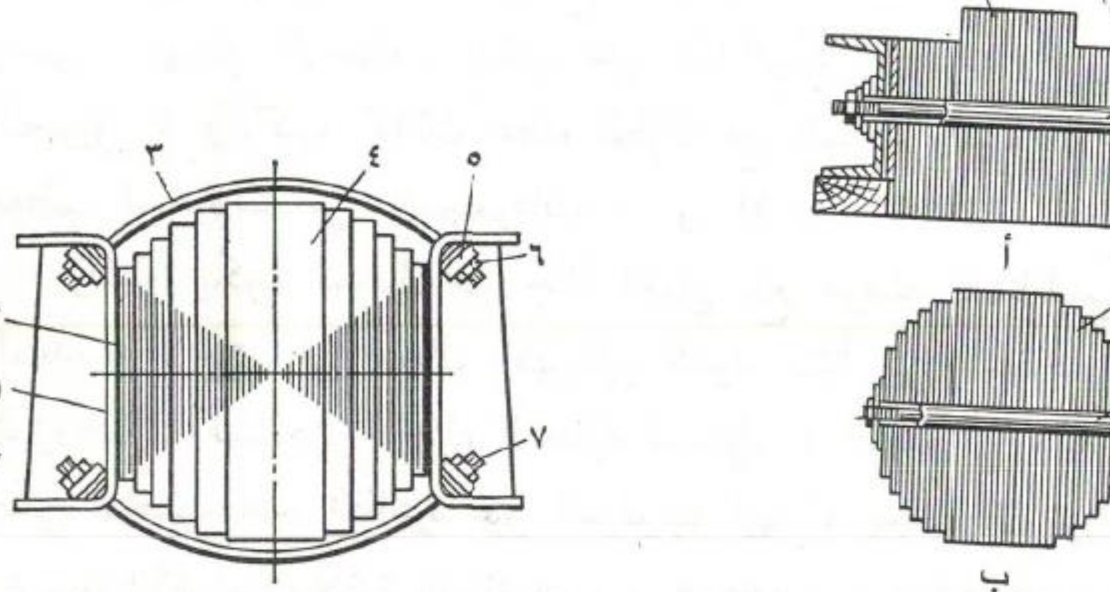
الشكل ٤ – موصل مغناطيسى ذو قلب فى محول قدرة ذى ملفين :
١ – قلب الموصل المغناطيسى ، ٢ – المقرن العلوى ، ٣ – عتبات المقرن العلوى ، ٤ – صبلمة الشد الافقية للمقرن ، ٥ – صبلمة الشد الرأسية للمقرن ، ٦ – الحشوة العازلة ، ٧ – ثقوب لتركيب صبالم الرفع ، ٨ – صبلمة الشد الافقية لقلب الموصل المغناطيسى ، ٩ – انبوبة عزل صبلمة الشد الرأسية ، ١٠ – صفيحة فولاذية ، ١١ – صفيحة خشبية ، ١٢ – المقرن السفلى ، ١٣ – عتبات المقرن السفلى



الشكل ٥ – المقاطع العرضية لقلوب الموصلات المغناطيسية :
أ – فى المحولات ذات القدرة الصغيرة ، ب – فى المحولات ذات القدرة الكبيرة ، D_0 – قطر الدائرة التى يرسم القلب داخلها

ويجب ان تكبس بشدة القلوب والمقرنات فى الموصلات المغناطيسية .
وكانت الموصلات المغناطيسية للمحولات الكهربائية من التصميم القديم ، تصنع من الواح الفولاذ المدرفلة على الساخن ، كما كانت تكبس القلوب والمقرنات بواسطة الصبالم التى تمرر عبر ثقوب موجودة فى الالواح الفولاذية المدرفلة على المكابس . وكانت الصبالم تعزل عن فولاذ القلوب والمقرنات بمساعدة الانابيب المصنوعة من الورق والباكليت ، أو الفلكات الكرتونية العازلة للكهرباء ، وغيرها من الاجزاء العازلة .

ويبين الشكل ٦، أ و ب طريقة رص المقرن والقلب فى الموصل المغناطيسى بواسطة الصبالم .



الشكل ٦ – اجزاء الموصل المغناطيسى المشدودة بواسطة صبالم نافذة :
أ – مقرن ، ب – قلب ؛ ١ – الفولاذ الفعال للمقرن ، ٢ – عازل كهربائى كرتونى ، ٣ – عتبة المقرن ، ٤ و ١١ – انابيب من الورق والباكليت ، ٥ و ١٠ – فلكتان عازلتان ، ٦ و ١٢ – صبلمتان نافذتان للشد ، ٧ و ١٣ – صامولتان ، ٨ و ١٤ – فلكتان فولاذيتان ، ٩ – الفولاذ الفعال للقلب

الشكل ٧ – شد المقرن بدون صبالم :
١ – عتبة المقرن ، ٢ – العازل الموجود تحت عتبة المقرن ، ٣ – نصف مربط مؤلف من شريطين فولاذيين ، ٤ – مقرن ، ٥ – صفيحة عازلة ، ٦ – صامولة ، ٧ – طرف الصبلمة المقلوظ

أما الموصلات المغناطيسية للمحولات الحديثة ، فتصنع من الفولاذ المتباين الخواص والمدرفل على البارد ، مع الرص اللاحق للمقرنات والقلوب دون الصبالم .

ولرص المقرنات دون الصبالم (شكل ٧) تستخدم احزمة فولاذية مشكلة من نصفين ، تشد العتبات المقرنية ١ ، وهى عبارة عن شريطين فولاذيين مجموعين معا بسماكة ٢ — ٣ مم وعرض ٤٠ — ٦٠ مم ، تلحم بطرفيهما صبالم فولاذية مقلوظة ٧ ، تمر عبر الصفائح ٥ المصنوعة من مادة متينة وعازلة كهربائيا (زجاج بلاستيكى مقوى وغيره) . وتقرن الصوامل ٦ على الاطراف المقلوظة للصبالم ٧ ، والتى تولد الجهود اللازمة لرص المقرن .

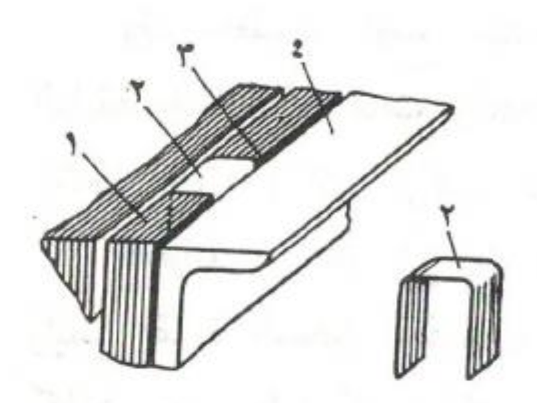
وتشد قلوب الموصلات المغناطيسية بأحزمة مصنوعة من شريط زجاجي .

يشكل الموصل المغناطيسى مع العتبات الضاغطة واجزاء التثبيت ، ما يسمى ، بهيكل المحول . وتركب على هذا الهيكل الملفات والفروع ومفاتيح التحويل ، ويركب كذلك غطاء الخزان مع المآخذ والتوابع الاخرى لدى معظم المحولات من المجموعات I و II و III .

وعندما يكون المحول فى حالة العمل يقع موصله المغناطيسى والاجزاء المعدنية الاخرى فى مجال كهربائى شديد ينشأ بين الملفات والاجزاء المؤرّضة ، فتنشحن الاجزاء المعدنية للمحول ، الواقعة فى هذا المجال . ولكى نتجنب هذه الظاهرة غير المرغوب فيها ، يجب ان تؤرض بشكل مضمون الأقسام الفولاذية الفعالة للموصل المغناطيسى وادوات تثبيته الفولاذية . واذا لم يتم التأريض، فانه يمكن ان تتولد قوة دافعة كهربائية كبيرة بين هذه العناصر الواقعة فى المجال الكهربائى للملفات ، وكذلك بين هذه العناصر وخزان المحول . ويمكن لمقدار القوة الدافعة الكهربائية المتولدة ، ان يفوق المتانة الكهربائية للفواصل العازلة الصغيرة المتواجدة بين الاجزاء المعدنية ، مما قد يسبب تفريغا كهربائيا ، ويؤدى هذا التفريغ داخل الخزان الى تفكك زيت المحولات . ولهذا تؤرّض فى الموصل المغناطيسى بالاضافة الى الفولاذ الفعال ، جميع ادوات التثبيت الفولاذية الضخمة (بشكل

رئيسى عتبات المقرنات) ، بحيث يكون لها كمون واحد مشترك هو كمون الخزان (الأرض) .

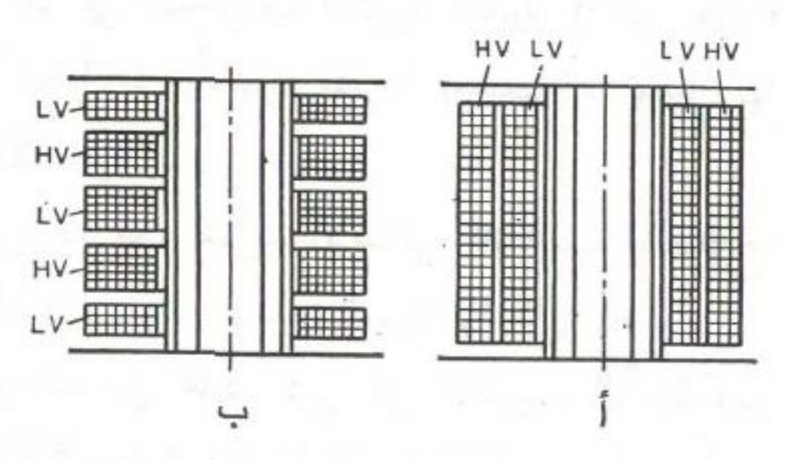
يجب تأريض العتبات الأربع للمقرنات ، وغيرها من الاجزاء الفولاذية ، ما عدا الصبالم الفولاذية للقلوب والمقرنات والصفائح الراصة للقلوب . وتتعلق طريقة التأريض وعدد الوصلات التأريضية وتوضعها ، بتصميم الموصل المغناطيسى ، اى تتعلق بطريقة الربط بين الاجزاء المعدنية (وجود الاتصال بين عتبات المقرنات) ، وبالربط بين عتبات المقرنات والخزان او غطائه ، وغير ذلك .



الشكل ٨ – تركيب التأريض للموصل المغناطيسى :
١ – الرزمة الاولى للمقرن ، ٢ – شريط التأريض ، ٣ – صفيحة عازلة ، ٤ – عتبة المقرن

ويبين الشكل ٨ أكثر الطرق انتشارا لتأريض الموصل المغناطيسى فى المحولات الكهربائية المستخدمة فى الصناعة ، والتى تقل قدرتها عن ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير .

الملفات . تصنع ملفات المحولات من سلك الملفات المعزول ، وتوجد بالاضافة الى ذلك اجزاء عازلة مختلفة ، بقصد تأمين الحماية الاضافية للملفات



الشكل ٩ – توضع ملفات الفلطية العالية والمنخفضة على قلب الموصل المغناطيسى :
أ – متمركز ، ب – متناوب

من خطر انهيارها الكهربائى . ويتم بواسطة الاجزاء العازلة تجنب انزياح الملفات تحت تأثير القوى الكهروديناميه الكبيرة ، التى تنشأ فى الملفات عند قصر دائرة التحميل او فى الملف ذاته ، ويتم كذلك انشاء اقنية لتحسين ظروف تبريد الملفات .

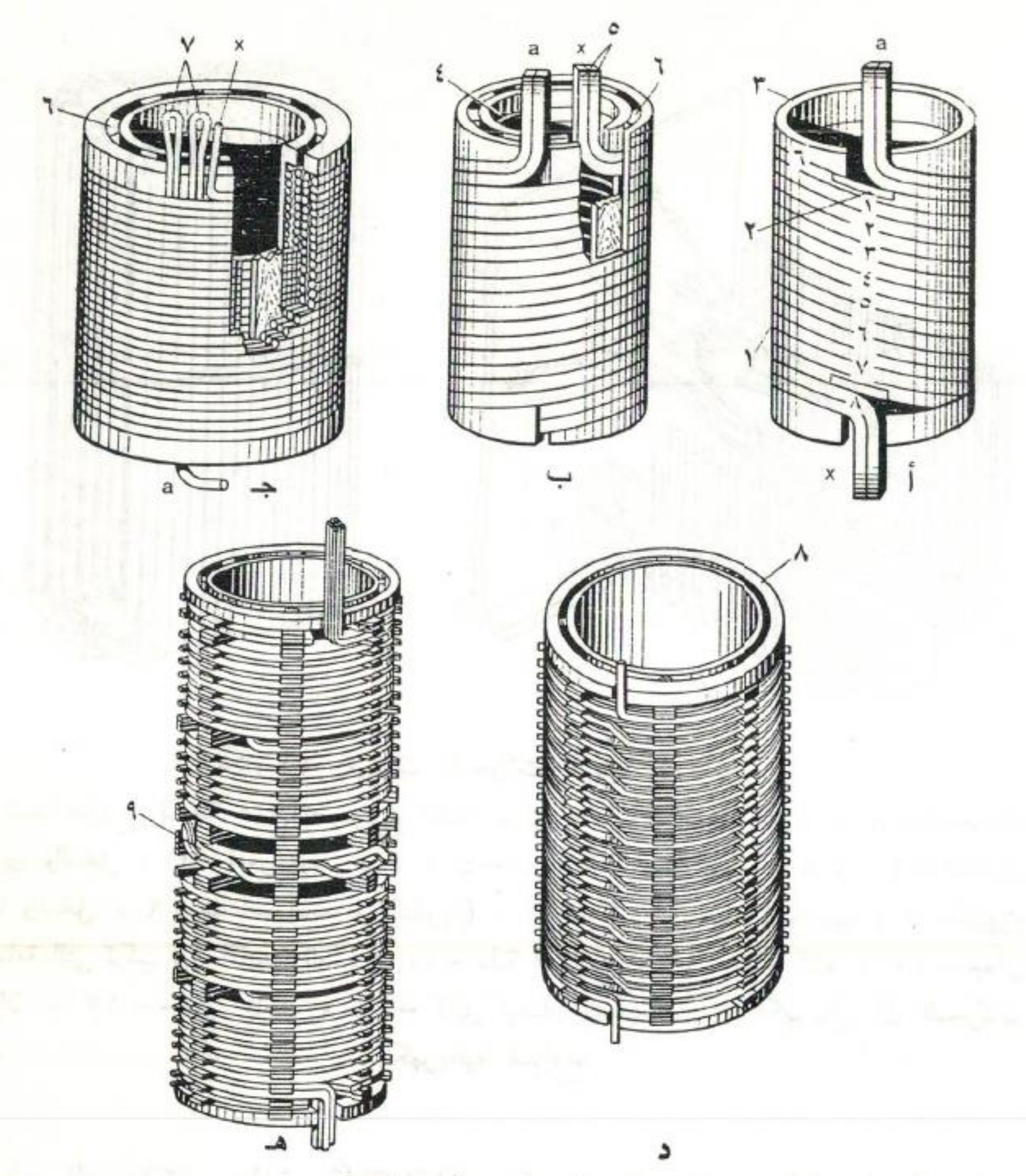
تقسم الملفات حسب توضعها على القلب الى ملفات متمركزة ومتناوبة (شكل ٩) : فالملفات المتمركزة هى ملفات اسطوانية الشكل تقع على قلب الموصل المركزى بشكل متمركز ؛ اما الملفات المتناوبة فهى ملفات الفلطية العالية والمنخفضة فى المحول ، تتناوب على القلب بالاتجاه المحورى .

وقد حظيت باوسع انتشار فى الصناعة السوفييتية الملفات الاحادية الطبقة والثنائية الطبقات والمتعددة الطبقات ، والملفات الاسطوانية المتواصلة (شكل ١٠) ، التى تركب بشكل متمركز على قلب الموصل المغناطيسى .

الخزان . تمتاز خزانات المحولات بتعدد اشكالها ، التى تتحدد بشكل رئيسى بقدرة المحول وظروف عمله . فكلما كانت قدرة المحول أكبر ، كلما وجب طرد كمية أكبر من الحرارة، من المحول الى الوسط الخارجى . وغالبا ما يكون شكل خزانات المحولات بيضوى الشكل . وتكون الجدران ملساء فى خزانات المحولات ذات القدرة غير الكبيرة (اقل من ٥٠ كيلوفولط أمبير) ، حيث لا تكون كمية الحرارة الواجب طردها كبيرة . وتزود خزانات المحولات ذات القدرة الأكبر بمبردات ، هى عبارة عن انابيب مقطعها مستدير أو بيضوى ، تعمل على زيادة سطح تبريد الزيت وتساهم فى تدويره داخل الخزان . أما فى المحولات الكبيرة القدرة (أكبر من ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير) ، فتزود الخزانات بأنابيب متفرعة ومشفهة ، توصل بها مبردات تتألف من حزم من الانابيب .

وتصنع المبردات مع التبريد الاضافى للانابيب بالمراوح ، أو بدونه ، حيث توضع المراوح بين انابيب المبرد (شكل ١١) .

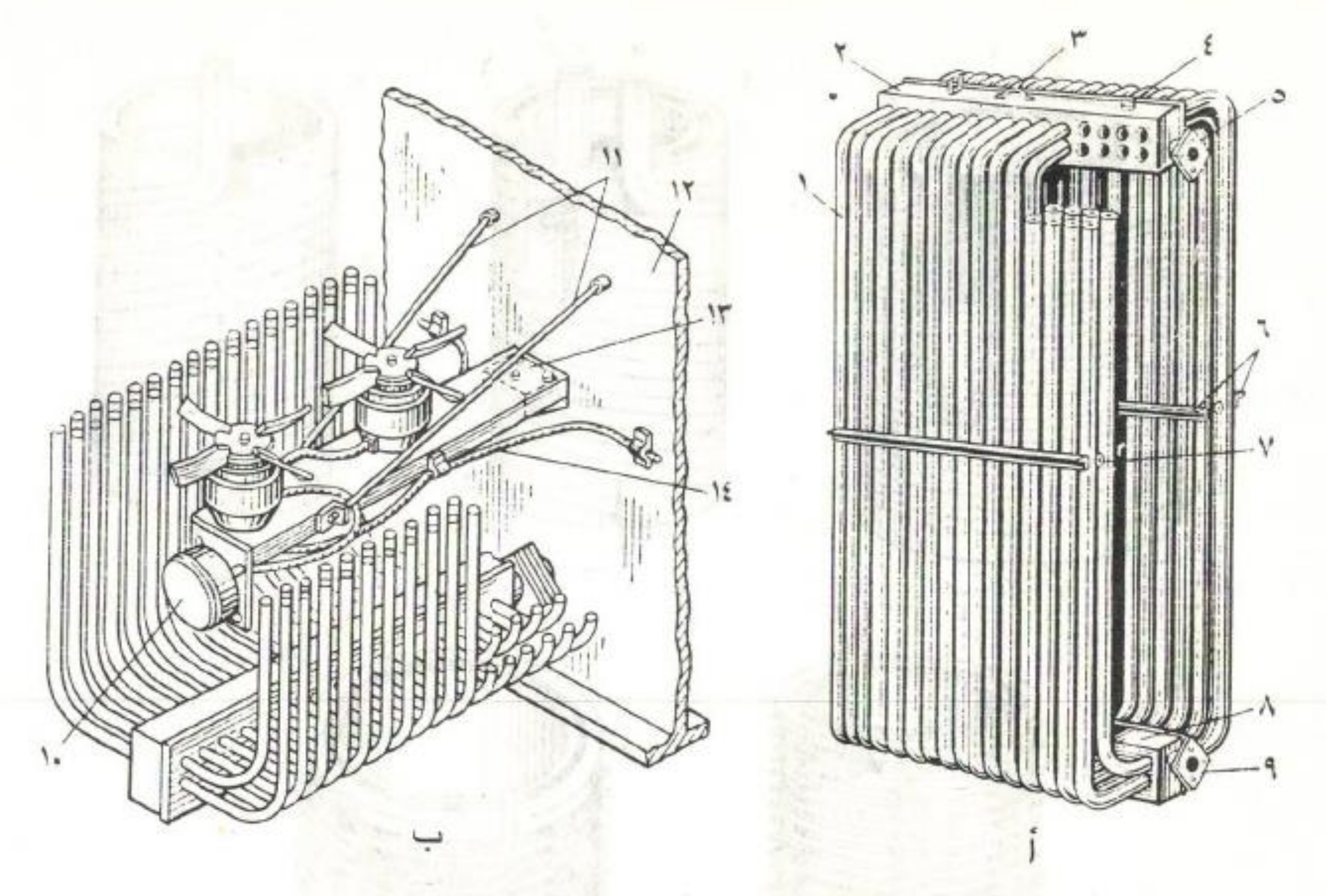
تتألف المبردات من عدد كبير من الانابيب الرأسية (من ٨ حتى ١٠٠ وأكثر) ، التى تشكل طرقا متوازية للزيت الدائر فيها . وتلحم الانابيب فى الاعلى والاسفل مع العلبتين (المجمّعين) العلوية والسفلية ، اللتين توصلان



الشكل ١٠ – ملفات محولات القدرة :

أ – ملف أحادى الطبقة ، ب – ملف ثنائى الطبقة ، جـ – ملف متعدد الطبقات ، د – ملف متواصل ، هـ – ملف لولبى ، ١ – لفات سلك مقطعه مستطيل الشكل ، ٢ – علبة من الكرتون الكهربائى لتقوية عزل اللفات المتطرفة للملف ، ٣ – حلقات التسوية المتقطعة ، ٤ – اسطوانة من الورق والباكليت ، ٥ – نهاية الطبقة الاولى للملف ، ٦ – عوارض خشبية رأسية (لاطات) ، ٧ – تفريعات الملف الداخلية ، ٨ – حلقة عازلة للاستناد ، ٩ – تبديل وضع لفات الملف

بدورهما مع الخزان بواسطة انبوبين متفرعين مشفهين . فالزيت المسخن يأتى من الخزان الى المجمع العلوى ، ومن ثم يبرد فى الانابيب حيث يعطيها حرارته . ويعود الزيت المبرد عبر المجمع السفلى الى القسم السفلى للخزان .



الشكل ١١ – مبردات المحولات الزيتية :
أ – بدون مراوح نافخة ، ب – بمراوح نافخة ، ١ – انبوب الدوران ، ٢ و ٨ – المجمعان العلوى والسفلى ، ٣ – قوس لرفع المبرد ، ٤ – سدادة تصريف الهواء ، ٥ و ٩ – الشفتان العليا والسفلى ، ٦ – مثلثات الجساءة (التقوية) ، التى تركب على سطح الانابيب ، ٧ – انبوبة الجساءة التى تركب بين انابيب المبرد ، ١٠ – علبة التوزيع ، ١١ – ذراعا الشد ، ١٢ – جدار الخزان ، ١٣ – حامل كابولى ، ١٤ – كابل ايصال التغذية بالتيار الكهربائى الى المحركات الكهربائية للمراوح

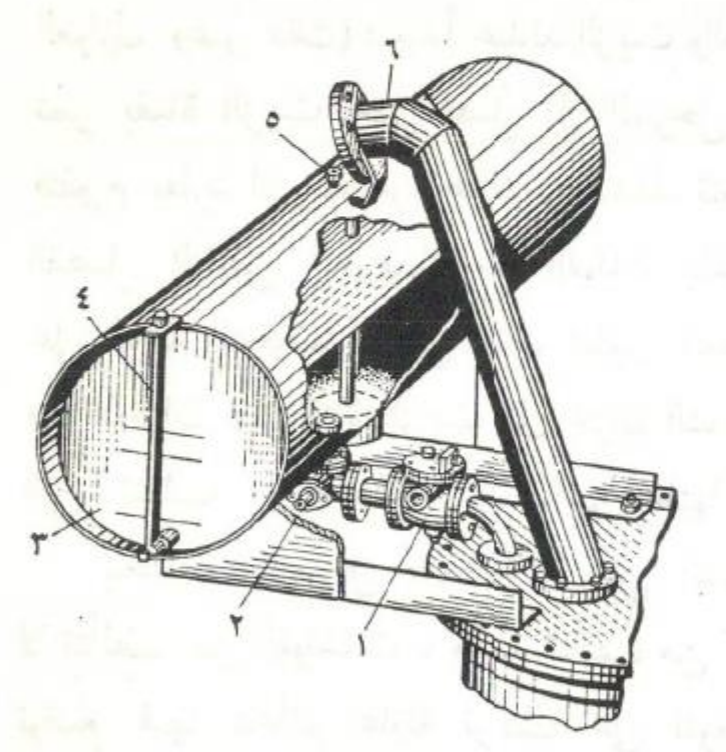
وتصنع المبردات عادة قابلة للفك بقصد تسهيل عملية اصلاحها .

وتحتوى خزانات المحولات العالية القدرة على انابيب متفرعة ، لوصل المرشحات الخاصة بتنظيف الزيت وتجفيفه ، وكذلك لوصل حنفيات تفريغ الزيت وسحب عينات منه .

يركب الخزان على عربة مزودة بعجلات ، لتحريك المحولات على سكك خاصة ضمن حدود حيز العمل لتجهيزة التوزيع .

وفى الجزء العلوى للخزان تلحم خطاطيف للتعليق عند الحاجة الى رفع المحول .

الغطاء . يستخدم غطاء المحول لاحكام الخزان ، ويوضع عليه عادة ، خزان التمدد (المكثف) ، والمرّحل الغازى ، وانبوب الانفلات ، ومفتاح التحويل والمآخذ وميزان الحرارة ، وأجهزة قياس منتوعة تضمن عمل المحول لفترة طويلة وبشكل طبيعى .



الشكل ١٢ – توزيع خزان التمدد والمرحل الغازى وانبوب الانفلات ، على غطاء المحول :
١ – المرحل الغازى ، ٢ – حنفية سادة على خط الزيت الواصل بين خزان التمدد والمرحل الغازى ، ٣ – خزان التمدد ، ٤ – مؤشر مستوى الزيت فى خزان التمدد ، ٥ – سدادة ثقب صب الزيت فى خزان التمدد ، ٦ – انبوب الانفلات

ويبين الشكل ١٢ توضع خزان التمدد والمرحل الغازى وانبوب الانفلات ، على غطاء المحول .

خزان التمدد (المكثف) . وهو يقوم بتعويض الحجم المتغير للزيت نتيجة لتغير درجة الحرارة بسبب ذبذبات درجة حرارة هواء الوسط المحيط ، وكذلك بسبب الحمولة المتغيرة على المحول (وبالتالى تغير كمية الحرارة التى يصدرها المحول) . ويضمن خزان التمدد امتلاء الخزان الاساسى للمحول بالزيت مهما كانت ظروف عمله . وبالاضافة الى ذلك ، فانه نتيجة لوجود خزان التمدد ينقص سطح تماس زيت المحول مع الهواء ، مما يؤدى الى اضعاف عملية تأكسده و «تعتيقه» .

المرحّل الغازى . وهو يستجيب لجميع الاعطال الداخلية التى يرافقها انطلاق الغازات ، وكذلك يستجيب لانخفاض مستوى الزيت فى الخزان . وتركب فى المحولات مرحلات غازية من النوعين : ذات فواشة ПГ-22 ، وبكأس РГЧЗ-66 .

يتألف المرحل ПГ-22 من هيكل معدنى توضع فى داخله فواشات مجوفة تركب عليها مفاتيح فصل زئبقية . وتقع الفواشات فى حالة عائمة فى زيت المرحّل .

ففى حال حدوث تعطيل داخلى للمحول (قصر دارة بين اللفات ، انهيار العوازل وغير ذلك)، يبدأ عندئذ الزيت والعازل الجامد بالتفكك مع نشر غازات تمر بقناة الزيت حتى تصل الى المرحل الغازى وتتجمع فى قسمه العلوى ، فتقوم بطرد الزيت من هناك . عندئذ تنخفض الفواشة العليا ، ويقوم مفتاح الفصل الزئبقى الموصول مع الفواشة باغلاق دائرة التنبيه الصوتى الموجود على لوحة التحكم . وفى حال تطور العطل داخل المحول ، يندفع الزيت من الخزان عبر قناة الزيت الى خزان التمدد ، وتؤثر بذلك على الفواشة السفلى التى تنقلب ، فالمفتاح المركب عليها يغلق دائرة فصل المحول .

يختلف المرحل РГЧЗ-66 عن المرحل ПГ-22 ، بأن عناصر الأول لا تتألف من الفواشات ، وانما تتألف من كؤوس معدنية دائرية قعرها مسطح ، توضع فيها دعائم عازلة تركب على نتوءاتها تماسات متحركة . وبالتالى تركب التماسات الثابتة على هيكل المرحل . وعندما يكون جسم المرحل مملوءا بالزيت ، فان كأسى العنصرين : العلوى والسفلى يكونان فى وضع الرفع والتماسات فى حالة الفصل .

عند انخفاض مستوى الزيت فى المرّحل تنخفض الكؤوس تحت تأثير ثقل الزيت فيها وتغلق التماس المتحرك مع الثابت ، وتستدعى بالتالى التأثير الموافق للمنبه او فصل المحول .

أنبوب الانفلات (الأمان) . وهو عبارة عن اسطوانة فولاذية مجوفة ، يتصل احد طرفيها مع الخزان ، والطرف الآخر مغلق بصفيحة رقية (قرص زجاجى) . فعندما يرتفع الضغط فى الخزان نتيجة للحوادث ، تقوم الغازات مع الزيت بتحطيم الصفيحة الرقة ، مندفعة الى الخارج .

مفاتيح التحويل ، وهى تستخدم لضبط فلطية المحول فى حدود غير كبيرة نسبيا (عادة ± ٥٪)، عن طريق التغيير الموافق لعدد اللفات الموصولة

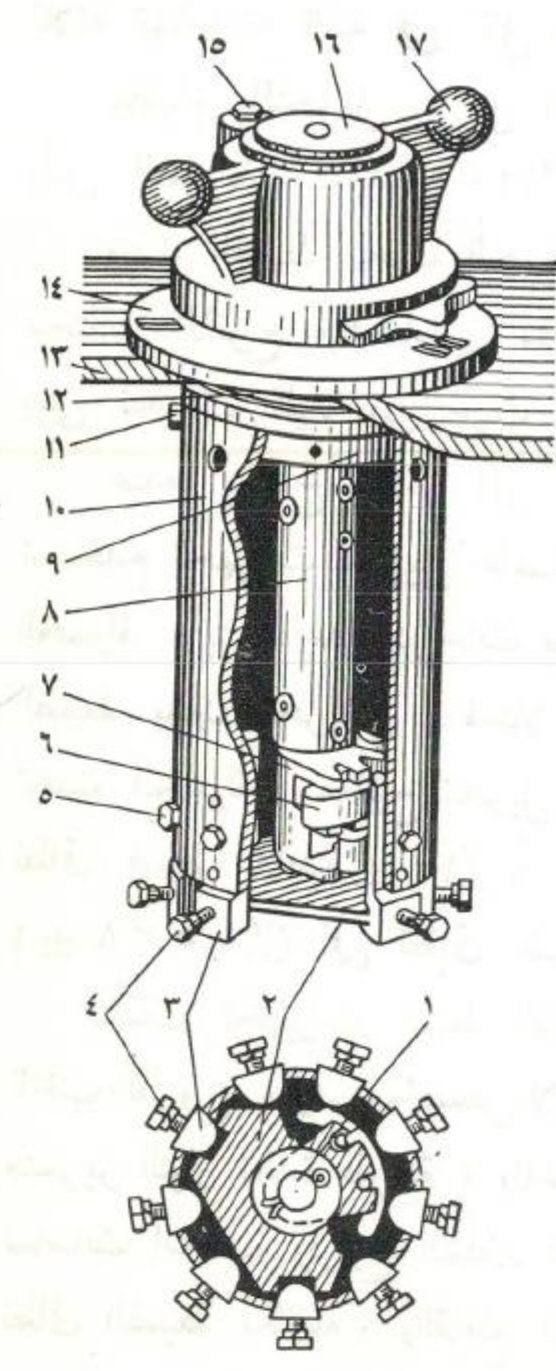
على التسلسل فى الملفات ، وبالتالى تغيير معامل التحويل على حساب تبديل فروع الضبط فى الملفات .

لا بد من اجراء عملية ضبط الفلطية كى تتأمن فلطية مستقرة بما فيه الكفاية لدى المستهلكين للطاقة ، الذين يقعون على مسافات مختلفة عن المحطات الكهربائية ومحطات التوزيع الفرعية .

تستخدم طريقتان للضبط والتغيير : طريقة التحويل بدون تحريض ، وطريقة الضبط تحت الحمولة .

عند الضبط بطريقة التحويل بدون تحريض ، يفصل المحول تماما عن الشبكة ، اى تنقطع التغذية بالتيار الكهربائى خلال القيام بعملية التحويل .

اما من اجل المحولات الضخمة التى تغذى مجموعات كبيرة من المستهلكين ، وكذلك فى الشبكات التى تصل فلطيتها الى ١١٠ كيلوفولط وأكثر ، غالبا ما تستخدم طريقة الضبط تحت الحمولة ، حيث يجرى الضبط عندئذ دون فصل المحول عن الشبكة ، اى دون قطع التغذية بالتيار الكهربائى عن المستهلكين.



الشكل ١٣ – مفتاح تحويل ثلاثى الاطوار من الطراز ТПСУ-9-120/10

١ – عمود جهاز التحريك، ٢ – صفيحة التمركز ، ٣ – تماس ثابت ، ٤ – لولب التماس ، ٥ و ١١ – لولبان لتثبيت الاسطوانة ، ٦ – قطاع التماس، ٧ – عمود ، ٨ – انبوبة من الورق والباكليت ، ٩ – شفة الاسطوانة ١٠ – اسطوانة من الورق والباكليت ، ١٢ – حشوة مطاطية ، ١٣ – غطاء المحول ، ١٤ – شفة القلنسوة ، ١٥ – لولب الايقاف ، ١٦ – لوحة صغيرة ، ١٧ – قلنسوة التحريك

تستخدم مفاتيح التحويل المحسوبة على ثلاث وخمس درجات فى مخططات التحويل بدون تحريض. ففى الحالة الأولى (± ١ × ٥٪) توجد درجتان + ٥٪ و — ٥٪ بالاضافة الى الدرجة المقدرة . وفى الحالة الثانية (± ٢ × ٢,٥٪) توجد كذلك درجتان اضافيتان : + ٢,٥٪ و — ٢,٥٪ .

ويعتبر مفتاح التحويل ТПСУ-9-120/10 أحد أبسط اجهزة التحويل وأكثرها استخداما فى المحولات التى تعادل قدرتها ١٠٠ — ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، عند الضبط بطريقة التحويل بدون تحريض (شكل ١٣) .

توصل الفروع الموافقة للملفات من الخارج مع التماسات ٣ ، التى تنزلق عليها القطاعات التماسية ٦ داخل الاسطوانة ١٠ ، وهى بدورها تغلق ثلاثة تماسات ثابتة فى كل وضع عامل .

وللقيام بالتحويل ، من الضرورى تحرير لولب الايقاف ١٥ وتدوير رأس التحريك بمقدار ١٢٠° .

وعند الضبط تحت الحمولة ، تستخدم فى المحولات مفاتيح تحويل مختلفة الانواع والتصاميم مثل 3-50/35 و ПТЛ-9-120/35 وغيرها ، وهى تختلف قليلا من حيث المبدأ عن مفتاح التحويل ТПСУ-9/120/10.

عندما يحتاج الامر الى ضبط فلطية المحول دون فصله عن الشبكة تستخدم تجهيزات تحويل خاصة معقدة . وفى مخططات ضبط الفلطية تحت الحمولة ، يزيد عدد درجات ضبط الفلطية ونطاقه ، عما هو فى مخططات الضبط بدون تحريض . فمثلا ، غالبا ما تستخدم فى مخططات الضبط تحت الحمولة ، مفاتيح تحويل تعمل بـ ١٣ درجة (± ٦ × ١,٦٧٪) فى نطاق ضبط الفلطية ± ١٠٪ ، وكذلك مفاتيح تحويل تعمل بـ ١٧ درجة (± ٨ × ١,٥٪) فى نطاق ضبط الفلطية ± ١٢٪ .

تتألف تجهيزات ضبط الفلطية تحت الحمولة من الوحدات التالية : ناخب الفروع ، وهو مخصص لاختيار الفرع اللازم من الملف قبل التحويل ، ولتمرير التيار لمدة طويلة ؛ وناخب متقدم للفروع ، وهو مخصص لاستخدام تماسات الناخب وفروع الملف المتصلة بالناخب ، لاكثر من مرة عند عبور نطاق الضبط بكامله ؛ والقاطع التلقائى "contactor" الذى يقوم بقطع التيار

فى دوائر تجهيزة التحويل ، المحضرة مسبقا لذلك من قبل الناخب ؛ ومفاعل تحديد شدة التيار، وهو مخصص للوصل بين الفرع العامل والفرع المراد ادخاله فى حيز العمل ، وذلك بهدف تحديد شدة التيار فى القسم المراد التحويل عنه من الملف ، ونقل الحمولة من فرع الى آخر دون قطع تيار التحميل فى المحول . وفى تجهيزات ضبط الفلطية السريعة التأثير تحت الحمولة تستخدم المقاومة الفعالة لتحديد التيار بدلا عن مفاعل تحديد التيار (المقاومة المفاعلة) .

ولتدوير جميع اجزاء تجهيزة ضبط الفلطية تحت الحمولة توجد هناك اداوات ادارة يدوية (بواسطة قبضة) ، وادارة كهربائية بكبسة التحكم ، وادارة اوتوماتية . وبالاضافة الى ذلك تدخل اجهزة متنوعة وآليات وعناصر التنبيه والأتمتة وغيرها فى تركيب تجهيزة ضبط الفلطية تحت الحمولة .

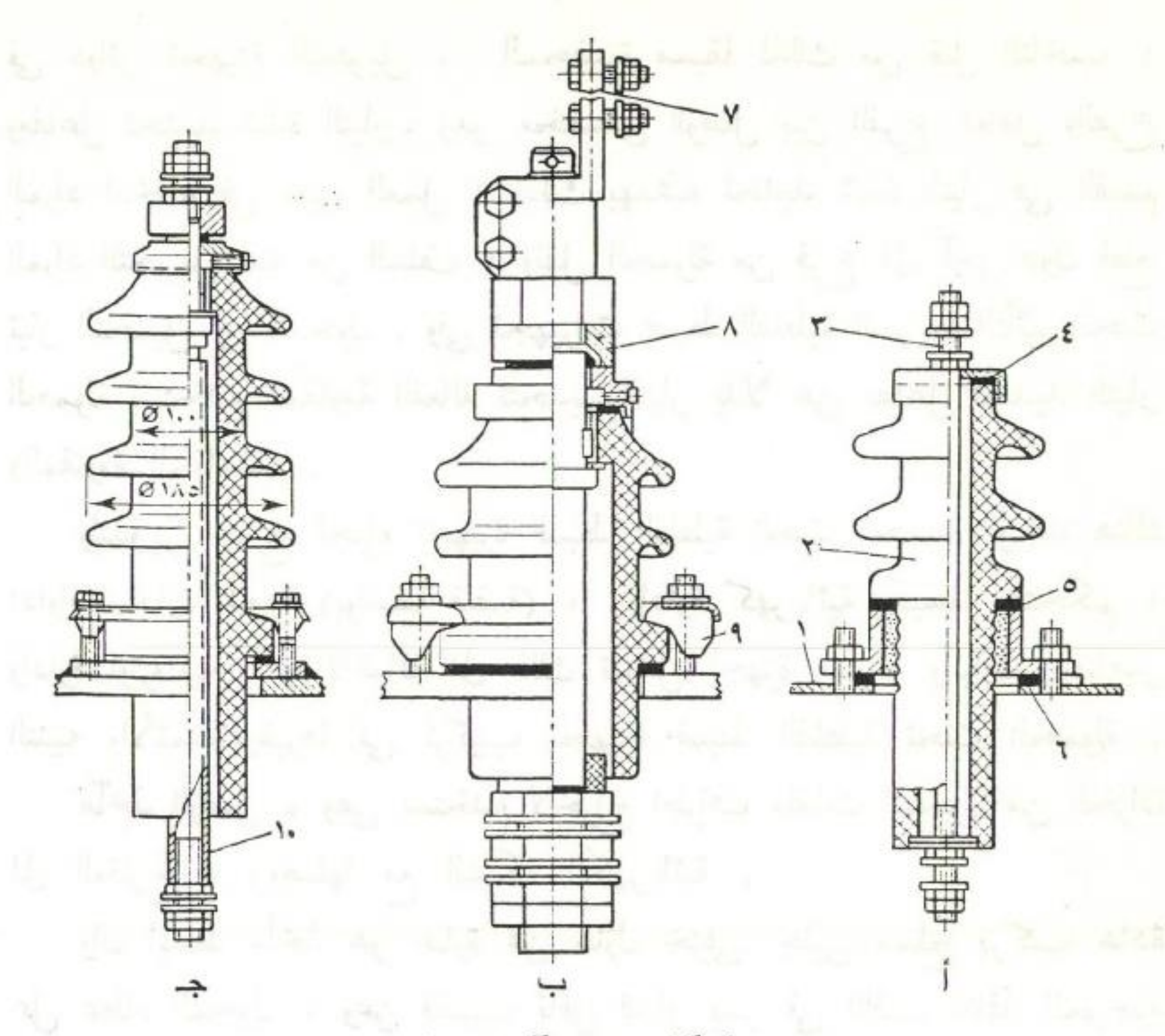
مآخذ الوصل ، وهى تستخدم لاخراج اطراف ملفات المحول من الخزان الى الخارج ، ووصلها مع الشبكة الكهربائية .

وان ابسط مأخذ هو عبارة عن عازل خزفى جلبى مسلح يركب عادة على غطاء المحول ، وعن قضيب ناقل للتيار يمر فى الثقب النافذ الموجود داخل العنصر الخزفى . ويزود المأخذ بشفة لتثبيته على جدار او غطاء الخزان .

تكون مآخذ الوصل لدى المحولات التى تركب داخل المبنى ، ذات سطح املس ، اما فى المحولات التى تركب فى الخارج فتكون المآخذ ذات سطح متعرج على شكل نتوءات مظلية الشكل (أضلاع) .

تتعلق ابعاد المآخذ وأشكالها الخارجية بمقدار الفلطية (الصنف) ونوع التركيب (مغطى او مكشوف) ، اما مقطع القضيب الناقل للتيار فيتعلق بشدة التيار .

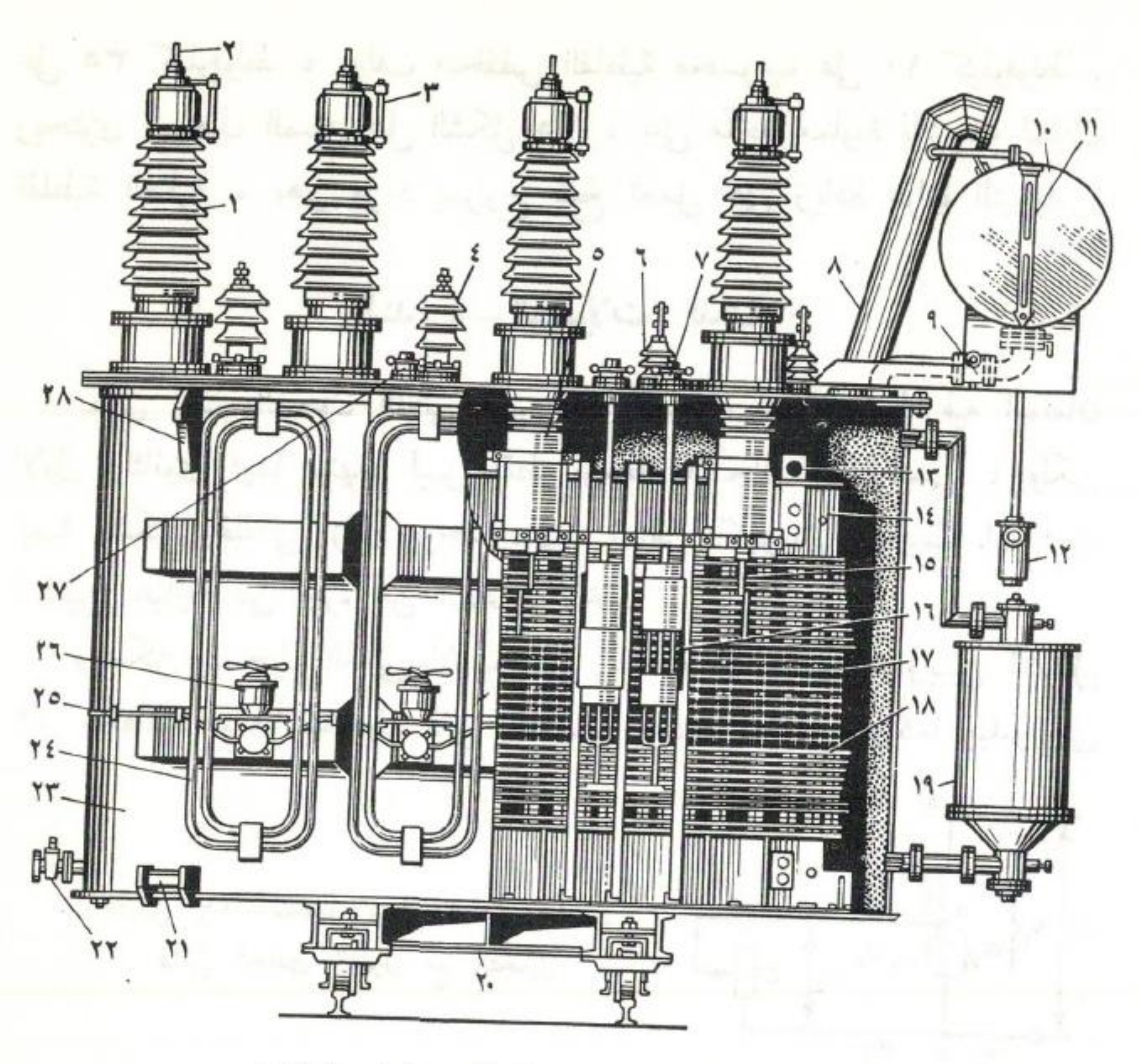
كانت تستخدم فى المحولات المصنوعة فى السابق ، مآخذ مسلحة غير قابلة للفك (شكل ١٤ — أ) ، مما كان يتطلب تفريغ قسم من زيت المحول عند ضرورة تبديلها . وفى المحولات الحديثة التى لا تزيد فلطيتها عن ٣٥ كيلوفولط تركب المآخذ القابلة للفك (للتبديل) فقط ، كما فى الشكل ١٤ ، ب و ج ، وتنحصر الميزة الاساسية لهذه المآخذ فى أنها لا تتطلب



الشكل ١٤ – مآخذ الوصل :
أ – المآخذ المسلحة من اجل ٦ و ١٠ كيلوفولط ، ب – المأخذ القابل للنزع والمحسوب من اجل ٦ و ١٠ كيلوفولط ، جـ – المأخذ القابل للنزع والمحسوب من اجل ٣٥ كيلوفولط ، ١ – غطاء الخزان ، ٢ – عازل خزفي ، ٣ – قضيب نحاسي ناقل للتيار ، ٤ – قلنسوة من حديد الزهر ، ٥ – فلكة مطاطية ، ٦ – حشوة ، ٧ – طرف التماس ، ٨ – جلبة من النحاس الاصفر ، ٩ – كامة للتثبيت ، ١٠ – انبوبة من الورق والباكليت

لرفع الجزء المغموس من المحول وفصل المآخذ داخل الخزان ، عند تبديل العازل الخزفي المعطوب .

غالبا ما تستخدم في الشبكات الكهربائية محولات ثلاثية الاطوار بثلاثة ملفات ، أحدها أولي والملفان الثانويان ثلاثيا الاطوار بفلطيتين مختلفتين . ويبين الشكل ١٥ تركيب المحول الخافض ثلاثي الاطوار وثلاثي الملفات ، الحاوي على ملف اولي محسوب على فلطية قدرها ١١٠ كيلوفولط (ملف الفلطية العالية) ، وملفان ثانويان : احدهما ملف متوسط الفلطية محسوب



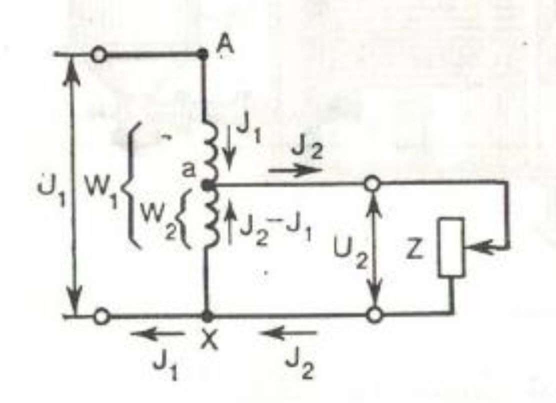
الشكل ١٥ – محول قدرة ثلاثى الاطوار وثلاثى الملفات :
١ – مأخذ معبأ بالزيت لملف الفلطية الأعلى (١١٠ كيلوفولط) ، ٢ – قضيب ناقل التيار (صبلمة) ، ٣ – مؤشر مستوى الزيت فى مأخذ الفلطية الاعلى ، ٤ – مأخذ الفلطية المتوسطة (٣٥ كيلوفولط) ، ٥ – اسطوانة من الورق والباكليت فى مأخذ الفلطية الاعلى ، ٦ – مأخذ الفلطية المنخفضة (١٠ كيلوفولط) ، ٧ – ذراع تحريك فروع الضبط فى ملف الفلطية الاعلى ، ٨ – انبوب الامان ، ٩ – المرحل الغازى ، ١٠ – خزان التمدد (المكثف) ، ١١ – مؤشر مستوى الزيت فى خزان التمدد ، ١٢ – مجفف الهواء ، ١٣ – حلقة لرفع القسم الفعال ، ١٤ – عتبة المقرن ، ١٥ – التفريع الخطى من ملف الفلطية الاعلى ، ١٦ – مفتاح تحويل تفريعات الضبط لملف الفلطية الاعلى ، ١٧ – ملف الفلطية الاعلى ، ١٨ – اللفات الحاجزة من ملف الفلطية الاعلى ، ١٩ – مرشح سيفونى حرارى (ممص) ، ٢٠ – عربة بعجلات ، ٢١ – قطاع مسطح لتركيب الرافع ، ٢٢ – حنفية تصريف الزيت ، ٢٣ – خزان لمحول ، ٢٤ – مبرد انبوبى ، ٢٥ – تمديدات كهربائية لتغذية محركات النفخ ، ٢٦ – محرك كهربائى للنفخ (المروحة) ، ٢٧ – ذراع تحريك مفتاح التحويل لملف الفلطية المنخفضة ، ٢٨ – خطاف لرفع المحول

على ٣٥ كيلوفولط ، وملف منخفض الفلطية محسوب على ١٠ كيلوفولط . ويحتوى المحول المبين على الشكل ١٥ ، على مآخذ مملوءة بالزيت لملف الفلطية العالية ، وهو مزود بمراوح نفخ تعمل على زيادة غزارة التبريد .

البند ٤ ـ المحولات الذاتية

يطلق اسم المحول الذاتى على ذلك المحول الذى يرتبط فيه الملفان الاولى والثانوى فيما بينهما ليس فقط بواسطة المجال المغناطيسى ، ولكن ايضا بشكل غلفانى (اى يوجد بينهما تماس كهربائى) بحيث ان احد الملفين عبارة عن جزء من الملف الآخر .

ويمكن للمحول الذاتى ان يخفض الفلطية او يرفعها ، ويبين الشكل ١٦ مخططا مبدئيا لمحول ذاتى خافض أحادى الطور . وكما يبدو من



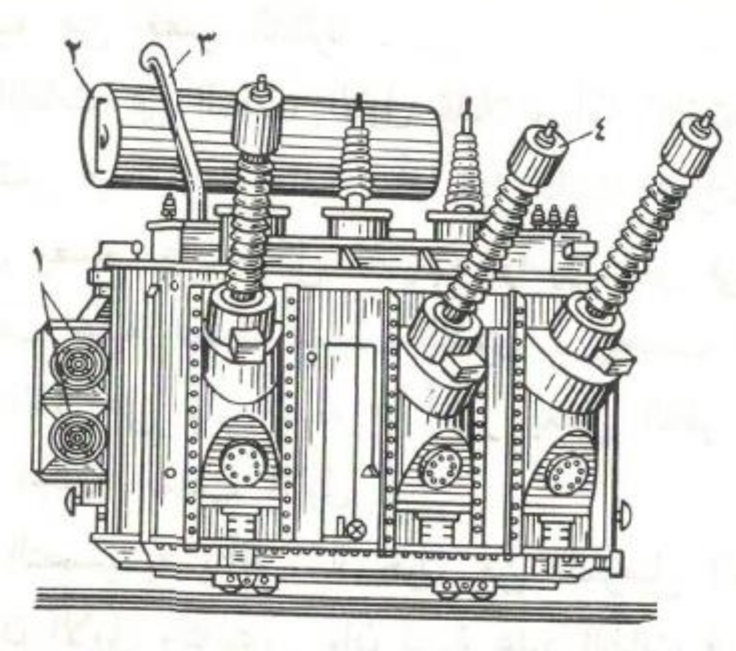
الشكل ١٦ ـ مخطط مبدئى لمحول خافض ذاتى أحادى الطور مع التحميل

الشكل ، فان التيار يمر فى القسم المشترك من الملف بالنسبة للجهتين الاولية والثانوية ، اثناء عمل المحول الذاتى ، ويساوى هذا التيار الى الفرق بين التيارين $I_2 - I_1$ ، مما يسمح بصنع القسم المشترك من الملف ، من سلك مقطعه اقل مما يلزم للمحول العادى .

وهكذا ، فبفضل الرابطة الغلفانية بين الجهتين الاولية والثانوية فى المحول الذاتى ، يتم نقل الطاقة من الدائرة الاولية الى الدائرة الثانوية عبر المجال المغناطيسى وبالطريقة الكهربائية مباشرة على حد سواء . ولذلك فان المحول الذاتى يتمتع بالعديد من الميزات بالمقارنة مع المحول العادى مثل قلة الوزن وصغر الحجم وقلة استهلاك المواد الكهربائية ـ التكنيكية (الفولاذ والنحاس) ، وارتفاع معامل الكفاية (المردود) . ومن الجدير بالذكر

ان استخدام المحول الذاتى يكون اربح بالمقارنة مع المحول العادى ، كلما قل اختلاف معامل التحويل عن الواحد . ولذا ، فان المحولات الذاتية تستخدم بشكل واسع عندما يحتاج الامر الى تغيير الفلطية فى حدود غير كبيرة ، مثلا عند ضبط الفلطية .

تستخدم المحولات الذاتية الاحادية الطور والثلاثية الاطوار القوية وذات الفلطية العالية (شكل ١٧) ، العاملة فى المجموعات الثلاثية الاطوار ،



الشكل ١٧ – محول ذاتى ثلاثى الاطوار :
١ – مبردات بمراوح ، ٢ – خزان التمدد ، ٣ – انبوب الامان ، ٤ – مأخذ الفلطية الاعلى

كذلك لربط خطوط التوتر العالى من اصناف مختلفة الفلطية . ولا تختلف المحولات الذاتية عن المحولات العادية من حيث تركيبها الا قليلا .

البند ٥ – محولات القياس

يمكننا ان نذكر من بين محولات القياس ، محولات التيار ومحولات الفلطية ، التى تستخدم عند قياس التيارات الكبيرة والفلطيات العالية ، وتسمح عند ذلك باستخدام اجهزة القياس الكهربائية ذات التصميم الاعتيادى . وتستخدم محولات القياس أيضا لفصل دوائر القدرة ، العالية الفلطية فى الوحدات الكهربائية عن دوائر القياس ، المنخفضة الفلطية ، وكذلك لتغذية اجهزة المرحّلات وغيرها من اجهزة التحكم الاوتوماتى والحماية .

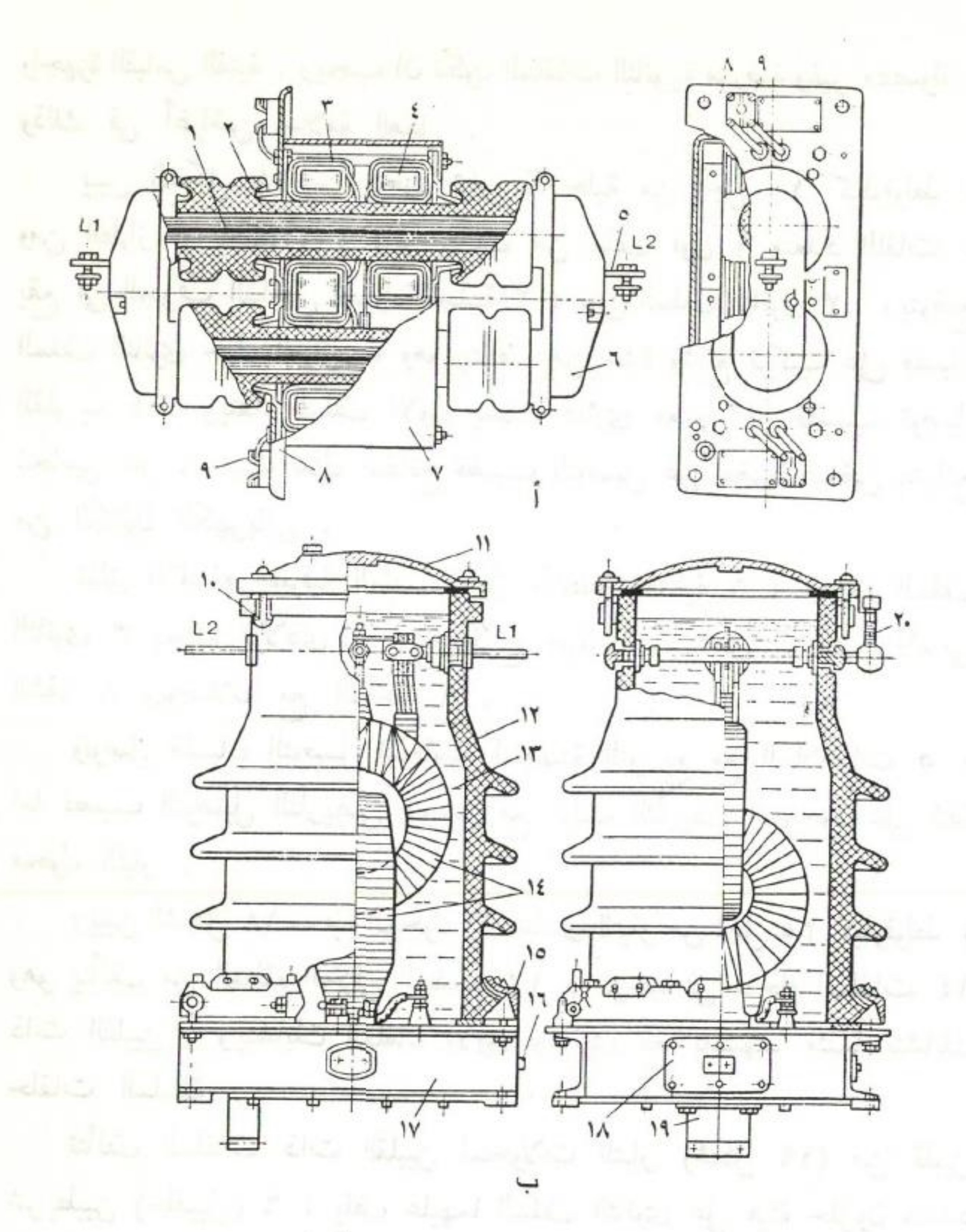
محول التيار . يستخدم عادة لتحويل التيار المتناوب ذى الشدة الكبيرة الى تيار أصغر (حتى ٥ أمبير) ، يمكن قياسه بالأجهزة العادية . ويوصل الملف الاولى لمحول التيار على التسلسل بدائرة التيار المراد قياسه ، اما الملف الثانوى فيوصل مباشرة بمقياس الامبير (أمبيرمتر) ، أو ملف التيار لمقياس الواط ، او عداد الطاقة الكهربائية او المرّحل . وبما أن هذه الاجهزة تتمتع بمقاومة صغيرة جدا ، فان محولات التيار محسوبة على نظام عمل قريب من قصر الدائرة .

يكون عدد اللفات فى الملف الاولى قليلا ، اذا كانت محولات التيار موصولة مع خط تمر فيه تيارات عالية . أما اذا كانت التيارات عالية جدا ، فان الملف الاولى يصنع على شكل قضيب توصيل يمر فى نافذة القلب الفولاذى الذى تلف عليه اللفات للملف الثانوى . وتحسب الملفات الثانوية لمحولات التيار عادة على تيار شدته ٥ أمبير بغض النظر عن شدة التيار التى يحسب من اجلها الملف الاولى .

ومن الناحية التصميمية يتألف المحول من الموصل المغناطيسى الذى يركب عليه الملفان الاولى والثانوى . وان نسبة عدد اللفات فى الملف الثانوى الى عددها فى الملف الأولى تساوى تقريبا نسبة النيار الاولى الى التيار الثانوى ، وتسمى **بمعامل التحويل** للمحول .

يتميز محول التيار بالتيار المقدر الذى يحسب من أجله الملف الاولى ، وبالفلطية التى يحسب من اجلها العازل ، وبدرجه دقته وبتركيبه . وتصنع محولات التيار لفلطية ٦ ــ ١٠ كيلوفولط استنادية او جلبية ، وبملف ثانوى واحد او ملفين ، وبدرجات الدقة ٠,٢ ؛ ٠,٥ ؛ ١ ؛ ٣ . وتبين درجة الدقة ، مقدار الخطأ الأقصى (بنسبة مئوية من التيار المقدر) الذى قد يحصل فى نتائج القياسات .

تستخدم محولات التيار بدرجة الدقة ٠,٢ ، التى تمتاز بأقل خطأ فى القياس ، فى القياسات المخبرية ؛ ومحولات التيار بدرجة الدقة ٠,٥ تستخدم لتغذية العدادات ؛ وبدرجة الدقة ١ و ٣ تستخدم لتغذية ملفات المرّحلات



الشكل ١٨ – محولات التيار :

أ – جلبى من الطراز ТПФМ-10 محسوب على ١٠ كيلوفولط، ب – استنادى من الطراز ТФН-35*M* محسوب على ٣٥ كيلوفولط ؛ ١ – ملف اولى ، ٢ – عازل خزفى ، ٣ – ملف ثانوى ، ٤ – قلب الملف الثانوى ، ٥ – زاوية تلامس ، ٦ – غطاء ، ٧ – غلاف ، ٨ – شفة علوية ، ٩ – مآخذ تفريعات الملف الثانوى ، ١٠ – لولب مرساتى الشكل ، ١١ – غطاء – قلنسوة ، ١٢ – غطاء خزفى مضلع ، ١٣ – زيت عازل ، ١٤ – ملفات ، ١٥ – نصف طوق ، ١٦ – سدادة تفريغ الزيت ، ١٧ – قاعدة ، ١٨ – علبة التفريعات الثانوية ، ١٩ – قارنة للكابلات ، ٢٠ مؤشر الزيت

واجهزة القياس الفنية . ويجب ان تكون الملفات الثانوية مؤرضة وغير مفصولة ، وذلك فى أغراض سلامة العمل .

يبين الشكل ١٨ ــ أ محول تيار ذا جلبة من أجل ١٠ كيلوفولط ، ومن الطراز ТПФМ-10 ، وهو يتألف من ملف اولى ١ متعدد اللفات ، يقع فى الجوف الداخلى للعوازل الجلبية ٢ ، ومن الملف الثانوى ٣ . ويتوضع الملف الثانوى حول العوازل ، وهو يتألف من عدة وشائع تركب على قضبان القلوب ٤ . وينفذ الملف الاولى بسلك دائرى معزول او قضيب توصيل نحاسى عار ، حيث تعزل صفائح قضيب التوصيل عن بعضها البعض بشرائح من الكرتون الكهربائى .

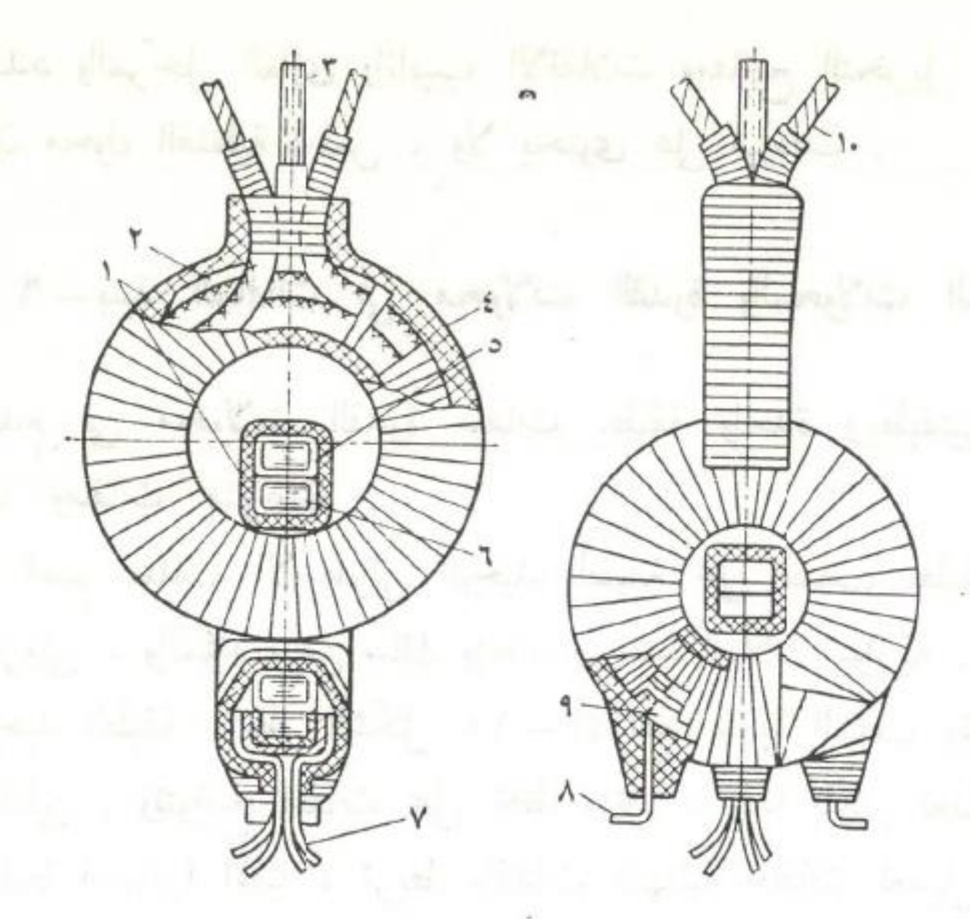
تغلق الاقسام الطرفية للملف الاولى بأغطية معدنية ٦ ، ويغلق الملف الثانوى ٣ بغطاء فولاذى ٧ ، ويخرج طرفا الملف الى الجانب الامامى للشفة ٨ ويوصلان مع المآخذ ٩ .

وتوصل قضبان التوصيل النحاسية لتجهيزة التوزيع مع الملامسات ٥ ، اما قضيب التوصيل التأريضى فيوصل مع لولب التأريض الموجود على شفة محول التيار .

ويبين الشكل ١٨ ــ ب المحول الاستنادى للنيار من اجل ٣٥ كيلوفولط ، وهو يتألف من الغطاء الخزفى المضلع ١٢ ، توجد فى داخله الملفات ١٤ ذات القلبين . ويتشابك الملفان الاولى والثانوى مع بعضهما مثلما تتشابك حلقات السلسلة .

تتألف الملفات ذات القلبين لمحولات التيار (شكل ١٩) من قلبين شريطيين (حلقيين) ٦ ، يلف عليهما الملف الثانوى على هيئة حلزون متعدد اللفات . وتلف الملفات الثانوية للقلوب الداخلية على سطحها بأكمله ، اما الملفات الثانوية للقلوب الخارجية ، فهى تشغل فقط (٦٥ ــ ٧٠٪) من دائرة القلب ، بحيث يترك اسفل الدائرة دون الملفات للارتكاز على القاعدة المعدنية ٩ . وتزود القاعدة بقدمين ٨ تثبت بواسطتهما مع البلاطة .

ويتكون الملف الاولى ٤ من عقدة متعددة اللفات ، تحيط بكل القلوب ، وهو مزود بماسك الملف ، المؤلف من الصفيحة الفولاذية ٢ المنحنية وفقا



الشكل ١٩ – ملفات محول التيار من الطراز ТФН-35 :
١ – عازل ، ٢ – صفيحة حامل الملف ، ٣ – قلب حامل الملف ، ٤ – ملف اولى ، ٥ – ملف ثانوى ، ٦ – قلب حلقى (شريطى) ، ٧ – مآخذ أطراف الملفات الثانوية ، ٨ – ارجل القاعدة المعدنية ، ٩ – القاعدة المعدنية ، ١٠ – مآخذ اطراف الملف الأولى

لشكل الملف ، ومن القضيب الفولاذى ٣ الملحوم بها . ويزود الطرف العلوى للقضيب بقلاوظ يثبت القضيب بواسطته وبصامولة على الوصلة الكائنة فى القسم العلوى للغطاء .

ويصنع العازل العلوى من ورق الكابلات الملفوف على الملفات بشكل نصف متراكب .

محول الفلطية . وهو يقوم بتحويل الفلطية العالية للتيار الكهربائى الى فلطية مناسبة للقياس بواسطة اجهزة القياس النظامية (عادة حتى ١٠٠ فولط) .

تصنع محولات الفلطية احادية الطور وثلاثية الاطوار ، وبملفين او بثلاثة ملفات ، ومملوءة بالزيت او جافة .

ومن ناحية البنية التصميمية فان محولات الفلطية شبيهة جدا بمحولات القدرة الموصوفة اعلاه . ولا تحتوى عادة محولات الفلطية للقياس ، على

خزان التمدد والمرّحل الغازى وانابيب الانفلات ومفاتيح التحويل . ويكون عادة خزان محول الفلطية املس ، ولا يحتوى على مبردات .

البند ٦ – بنية الملفات فى محولات القدرة والمحولات الذاتية

تستخدم فى محولات القدرة ملفات بطبقة واحدة وبطبقتين وبعدة طبقات ، وملفات متواصلة .

يطلق اسم الملف الاسطوانى الوحيد الطبقة على الملف بطبقة واحدة وبخط حلزونى ، والمؤلف من سلك واحد او عدة اسلاك متوازية . وبالنسبة للملف الوحيد الطبقة (انظر الشكل ١٠ – أ) تقع بداية الملف ونهايته فى طرفين متقابلين . وتتوضع اللفات على خط مائل ، ولذا فلكى نعطى طرفى الملف سطحا استناديا افقيا ، تربط باللفات النهائية حلقات تعديل مقطوعة بواسطة شريط لولبى مزدوج عازل . وتقص هذه الحلقات من اسطوانة ورقية – باكليتية ، او يلف على شكل حلقة ، اسفين يتألف من عدة طبقات من الكرتون الكهربائى ، مثبتة مع بعضها بشريط من القماش .

ويتم تثبيت حلقة التعديل بشكل متين على الملف بواسطة شريط من القماش ، مار بين اللفتين الطرفيتين للملف .

ولاعطاء الملف متانة ميكانيكية اكبر ، توضع احزمة فوق اللفات المتطرفة وحلقات التعديل ، تتألف من عدة طبقات من شريط لولبى مزدوج أو قماشى وملفوف بحيث تغطى كل لفة لاحقة نصف اللفة السابقة .

يقوّى عزل اللفات الطرفية من الملف عن طريق تركيب العلبة ٢ المصنوعة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٥ – ٠,٧ مم . وقبل تركيب العلبة يعطى لها الشكل Π ، ومن ثم تثبت بشريط من القماش على اللفات الطرفية للملف .

يلف الملف الثنائى الطبقة (انظر الشكل ١٠ – ب) كذلك مثل الملف الوحيد الطبقة ، مع اختلاف واحد هو ان اللفات المؤلفة من سلك او عدة اسلاك ، تلف على طبقتين .

فى الملف الثنائى الطبقة تنتقل اللفات من طبقة الى اخرى فى القسم السفلى للملف ، اما فى الفراغ الكائن بين الطبقتين الداخلية والخارجية فيتم تشكيل اقنية لمرور الزيت ، وذلك بواسطة عوارض خيزرانية واشرطة من الكرتون الكهربائى . ويؤدى وجود هذه الاقنية الى تحسين صرف الحرارة من الملف .

ويلف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات (انظر الشكل ١٠ — ج) بواسطة سلك مستدير على اسطوانة من الورق والباكليت . وتوضع بين الطبقة الاولى الملفوفة على الاسطوانة والطبقات التالية جميعها ، اسطوانات ورقية تتألف من عدة طبقات من ورق الكابلات ، وهى تقوم بدور عازل بين الطبقات .

لقد صنع الملف المتعدد الطبقات والمبين على الشكل ١٠ — ج ، بتفريعات ٧ (انشوطات) تستخدم لضبط الفلطية . وتتشكل فروع الضبط من نفس سلك الملف ، وتعزل بورق الكابلات . واذا كان عدد الطبقات كبيرا يصنع الملف على هيئة وشيعتين تتشكل بينهما اقنية (بواسطة العوارض) لزيادة تصريف الحرارة من الملف .

ولا يتمتع الملف المتعدد الطبقات بمتانة ميكانيكية كافية بالنسبة للاجهادات المحورية . ولزيادة متانة الملف الميكانيكية يتم لفه بشريط لولبى مزدوج او قماش عازل ، ومن ثم طلاؤه بالورنيش وتلدينه عند درجة الحرارة ٨٠ — ١٠٠°م .

تستخدم فى محولات القدرة التى تعادل قدرتها ١٠٠٠ كيلوفولط امبير وأكبر ، الملفات المتواصلة أكثر من غيرها ، والتى تتألف من وشائع مسطحة لها نفس القطر ، وموصولة مع بعضها على التسلسل .

يلف الملف المتواصل (انظر الشكل ١٠ — د) باسلاك مسطحة خالية من الانقطاعات واماكن اللحام ، ومن هنا تأتى تسمية هذا النوع من الملفات . ويتم الانتقال لاسلاك الملف من وشيعة الى اخرى فى المجالات الواقعة بين التساميك . ولهذا الغرض يحنى السلك عند مكان الانتقال فى

موضعين ، ثم يعزل قسم الانتقال بشكل اضافى بواسطة علبة من الكرتون العازل كهربائيا ، مثبتة بشريط من قماش التفتا .

وبهدف تحسين ظروف التبريد ، يلف الملف على عوارض خشبية موضوعة على اسطوانة من الورق والبيكاليت ، فتشكل الفراغات الواقعة بين العوارض عندئذ اقنية رأسية للتبريد . وبالاضافة الى الاقنية الرأسية للتبريد ، يتم تشكيل أقنية افقية فى الملفات المتواصلة ، بمساعدة حزم من الواح الكرتون الكهربائى تلبّس على صفائح من شجرة الخيزران او البلوط بعد غليها فى الزيت .

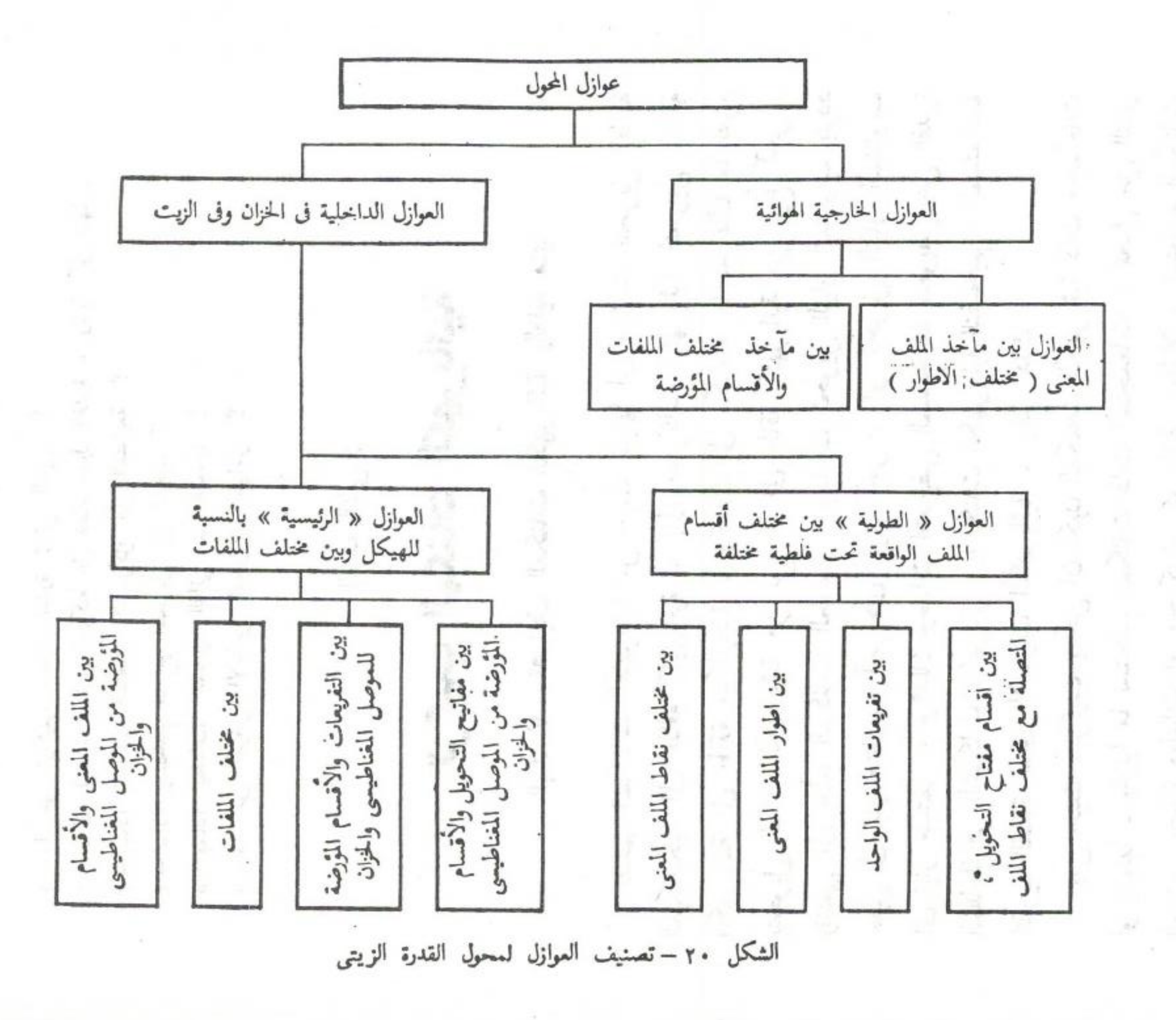
يتعلق العمل الطبيعى والمستمر للمحول ، قبل كل شئ بالحفاظ على المتانة الكهربائية لعوازله . وتعتبر المتانة الكهربائية للعوازل احدى المواصفات الرئيسية للمحول ، التى تؤثر على حسن استخدامه .

تقسم عوازل المحول الى عوازل خارجية وداخلية . والعوازل الخارجية هى العوازل الهوائية خارج خزان المحول ، مثلا بين مآخذ مختلف الملفات ، بين المآخذ والاجزاء المؤرضة فى المحول . أما العوازل الداخلية فهى عوازل أقسام المحول الواقعة فى الخزان ، والتى يكون معظمها مغمورا فى الزيت ، كما وتقسم العوازل الداخلية بدورها الى عوازل رئيسية وعوازل طولية .

وتسمى بالعوازل الرئيسية عادة تلك التى تعزل كل ملف عن الأقسام المؤرضة وعن الملفات الأخرى ، اما العوازل الطولية فهى العوازل الواقعة بين مختلف نقاط الملف الواحد ، أى بين اللفات والطبقات والوشائع وغيرها . وتقسم بشكل مشابه لذلك ، عوازل التفريعات ومفاتيح التحويل .

ويبين الشكل ٢٠ تصنيف عوازل المحول .

ويجب ان تصمد عوازل المحول لمدة طويلة ودون تعطب ، ضد التأثيرات الكهربائية والحرارية والميكانيكية والفيزيائية والكيميائية ، التى تتعرض لها اثناء الاستثمار . وتحسب العوازل كهربائيا بحيث تتحمل التجارب الاختبارية والنموذجية الواردة حسب الاصول المعتمدة .



الشكل ٢٠ – تصنيف العوازل لمحول القدرة الزيتى

اسئلة للمراجعة

١ – ما هو تركيب محول القدرة ثلاثى الطور ؟
٢ – اذكر أجهزة القياس المركبة على غطاء محول القدرة ، وغاية كل منها .
٣ – بماذا تختلف الملفات المتمركزة عن المتتابعة ؟
٤ – لماذا يستخدم مفتاح التحويل فى المحول ؟
٥ – بماذا يختلف المحول الذاتى عن المحول ؟
٦ – ما هو الغرض الاساسى لمحولات القياس ؟

الباب الثانى :

تركيب المكنات الكهربائية

البند ٧ – تصنيف المكنات الكهربائية والغاية منها

تقسم المكنات الكهربائية من حيث غايتها الى مولدات لتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية ، والى محركات كهربائية لتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية ، وكذلك الى مكنات خاصة غالبا ما تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية من نوع ما الى طاقة كهربائية من نوع آخر . وتنتمى الى هذه المكنات الخاصة ، وحدات تحويل التيار المتناوب بتردد معين الى تيار متناوب آخر ذى تردد آخر ، او تحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر ؛ وكذلك وحدات التعويض المستخدمة للتعويض عن القدرة المفاعلة فى الشبكات الكهربائية؛ والمكنات الكهربائية للتضخيم ، المستخدمة لتقوية القدرة لدى الاشارات الكهربائية ، وغير ذلك .

ومن حيث التركيب يمكن ان تكون المكنات الكهربائية ذات مجمّعات او بدونها . وغالبا ما تستخدم المكنات ذات المجمعات ، للعمل على التيار المستمر بصفة مولدات او محركات كهربائية . وقليلا ما تستخدم المكنات ذات الموحد للعمل على التيار المتناوب ، حيث تقوم بشكل رئيسى بدور محركات كهربائية ضعيفة القدرة . اما المكنات الكهربائية الخالية من الموحد

فتعمل على الاغلب بالتيار المتناوب ، وتقسم حسب مبدأ عملها الى مكنات غير متزامنة تستخدم بشكل رئيسى بصفة محركات كهربائية ، ومكنات متزامنة تستخدم بصفة مولدات ومحركات كهربائية على حد سواء .

تستخدم المكنات الكهربائية بشكل واسع فى جميع فروع الاقتصاد الوطنى حيث تتنوع ظروف عملها وتختلف أغراض استخدامها ومواصفاتها . ولذا ، فان الصناعة تقوم بانتاج مكنات كهربائية بتصاميم متنوعة : اعمدتها الدوارة تكون افقية او رأسية ، وتثبت على ارجل او شفاه ، وتبرد بطرق متنوعة مثل التبريد بالهواء المنفوخ من الخارج او من الداخل ايضا ، وبمختلف درجات الحماية من الوسط المحيط بحيث تكون مكشوفة او محمية بغطاء من الرذاذ والمياه ، وضد الانفجار ، ومحكمة تماما ، وغير ذلك .

وتثبت على المكنة الكهربائية لوحة صغيرة ، تسجل معطياتها المقدرة الاساسية (القدرة ، الفلطية ، شدة التيار ، عدد الدورات وغير ذلك) التى تحدد نظام عملها المقدر . وهناك بعض المعطيات المقدرة والمتعلقة بنظام العمل لا تذكر على لوحة المكنة (عزم التدوير المقدر ، والتزحلق المقدر وغير ذلك) .

تعتبر القدرة (الاستطاعة) المقدرة اهم ميزة تتميز بها مكنة كهربائية معينة عن اخرى ، وهذه القدرة بالنسبة للمحرك الكهربائى هى قدرته الميكانيكية الناتجة على عمود الدوران عند العمل حسب النظام المقدر ، اما بالنسبة للمولد فهى قدرته الكهربائية ، التى تستطيع المكنة تقديمها للشبكة الخارجية .

وتقسم المكنات الكهربائية عادة حسب فلطيتها المقدرة الى مكنات منخفضة الفلطية (أقل من ١٠٠ فولط) ، ومكنات متوسطة الفلطية (من ١٠٠ الى ١٠٠٠ فولط) ، ومكنات عالية الفلطية (اعلى من ١٠٠٠ فولط) .

شرعت مصانع المعدات الكهربائية فى الاتحاد السوفييتى بانتاج المكنات الكهربائية على شكل دفعات موحدة منذ بداية الخمسينات . وتجمع بين المكنات من نفس الطراز مهما كان مصدرها صفتان مشتركتان هما : وحدة الحلول التصميمية ، والاستخدام الاقصى للاجزاء والمجموعات القياسية . وتتطابق قدرات تلك المكنات مع الجدول القياسى للقدرات . وان البارامترات

الاساسية (الفلطية ، عدد الدورات ، ابعاد التركيب ، مدلولات الطاقة) يجب أن تلبى متطلبات المقايسات الحكومية .

لقد ادى توحيد المنتجات الى زيادة انتاجية العمل فى مصانع المكنات الكهربائية ، والى تخفيض تكلفة الانتاج وتحسين النوعية وتبسيط التركيب وانقاص تكاليفه ، وكذلك انقاص تكاليف الاستثمار والتصليح .

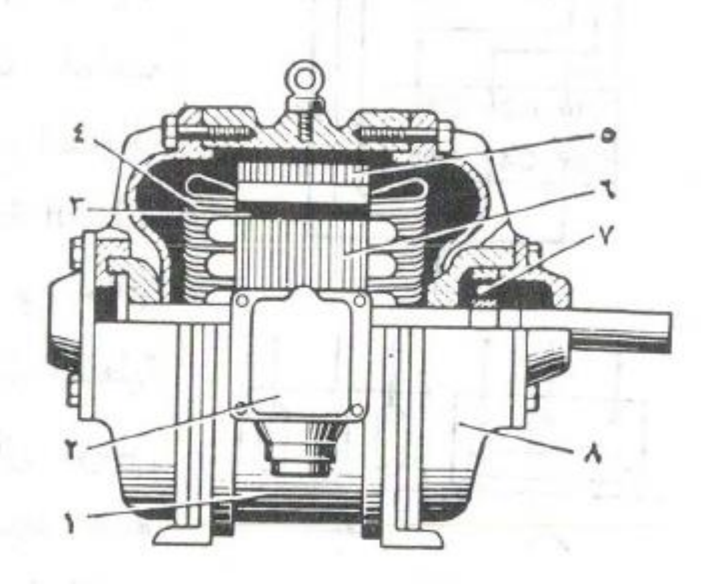
غالبا ما يتم فى الورشات اصلاح مكنات كهربائية تتراوح قدرتها من ١ الى ١٠٠ كيلوواط ، وتصل فلطيتها حتى ١٠٠٠ فولط . ولهذا السبب فاننا نعير اهتمامنا الرئيسى لقضايا اصلاح الملفات لهذه المكنات .

البند ٨ — المكنات غير المتزامنة

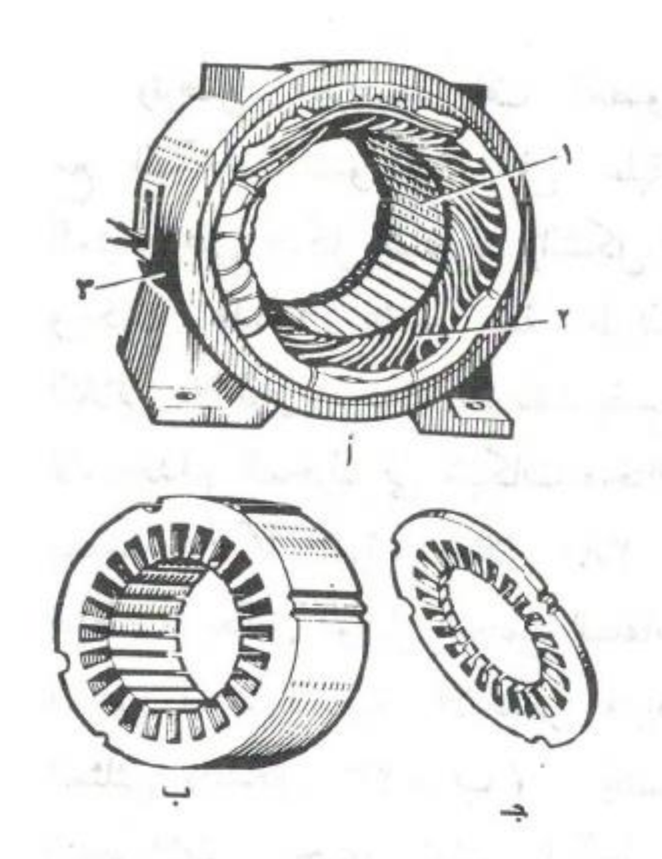
تعتبر المحركات الكهربائية من أكثر المكنات العاملة بالتيار المتناوب انتشارا فى الوقت الحاضر ، وقد حظيت بالاستخدام الواسع فى مختلف فروع الاقتصاد الوطنى : فى الصناعة والزراعة والبناء ووسائط النقل ، بفضل بساطة تركيبها وضمانتها فى العمل ، ومواصفاتها المرضية وثمنها الرخيص . وتقوم مصانع المكنات الكهربائية فى الاتحاد السوفييتى سنويا ، بصنع ملايين المحركات الكهربائية غير المتزامنة بقدرات مختلفة وتصاميم متنوعة .

ويبين الشكل ٢١ تركيب المحرك الكهربائى الثلاثى الاطوار وغير المتزامن ذى العضو الدوار القصير الدارة ، ويتألف العضو الساكن للمكنة (الشكل ٢٢ — أ) من القلب ١ والملف ٢ والهيكل (الفرش) ٣ .

يكون القلب الحديدى (الشكل ٢٢ — ب) للعضو الساكن على هيئة اسطوانة مجوفة حاوية على مجار محورية موزعة بانتظام على السطح الداخلى، وهو يعتبر حزءا من الموصل المغناطيسى للمكنة ، ويتألف من حزمة من صفائح الفولاذ الكهربائى الرقيقة (سماكتها ٠,٥ او ٠,٣٥ مم) ، المصنوعة بطريقة الكبس على شكل حلقات مزودة بنتوءات وحفر موزعة بانتظام على الدائرة الداخلية وتتشكل المجارى عند تجميعها (الشكل ٢٢ — ج) . وتغطى الصفائح من الطرفين قبل تجميعها بطبقة عازلة ، بقصد انقاص التيارات



الشكل ٢١ – محرك كهربائى ثلاثى الاطوار ولا متزامن ، له عضو دوار مقصر الدائرة : ١ – هيكل ، ٢ – علبة المآخذ ، ٣ – خلوص هوائى ، ٤ – ملف العضو الساكن ، ٥ – القلب الفولاذى للعضو الساكن ، ٦ – القلب الفولاذى للعضو الدوار ، ٧ – مدرجة ، ٨ – غطاء المدرجة



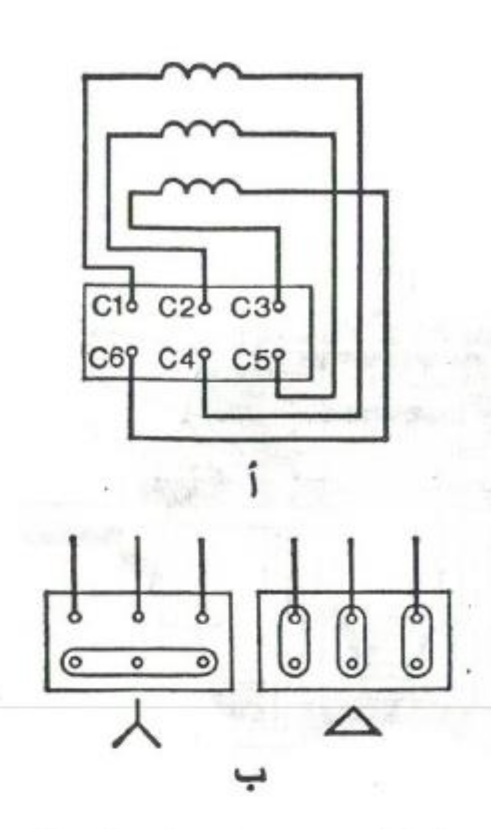
الشكل ٢٢ – العضو الساكن للمحرك الكهربائى اللامتزامن :
أ – العضو الساكن وهو فى حالة التجميع ، ب – قلب العضو الساكن ، ج – صفيحة القلب ، ١ – القلب ، ٢ – الملف ، ٣ – الهيكل (الفرش)

الدوامية الناشئة فى القلب الحديدى اثناء عمل المكنة ، وتخفيض ضياع الطاقة الناجم عن ذلك .

توضع فى مجارى القلب الحديدى ملفات ثلاثية الاطوار ، مصنوعة من سلك نحاسى (احيانا من الالومنيوم) معزول .

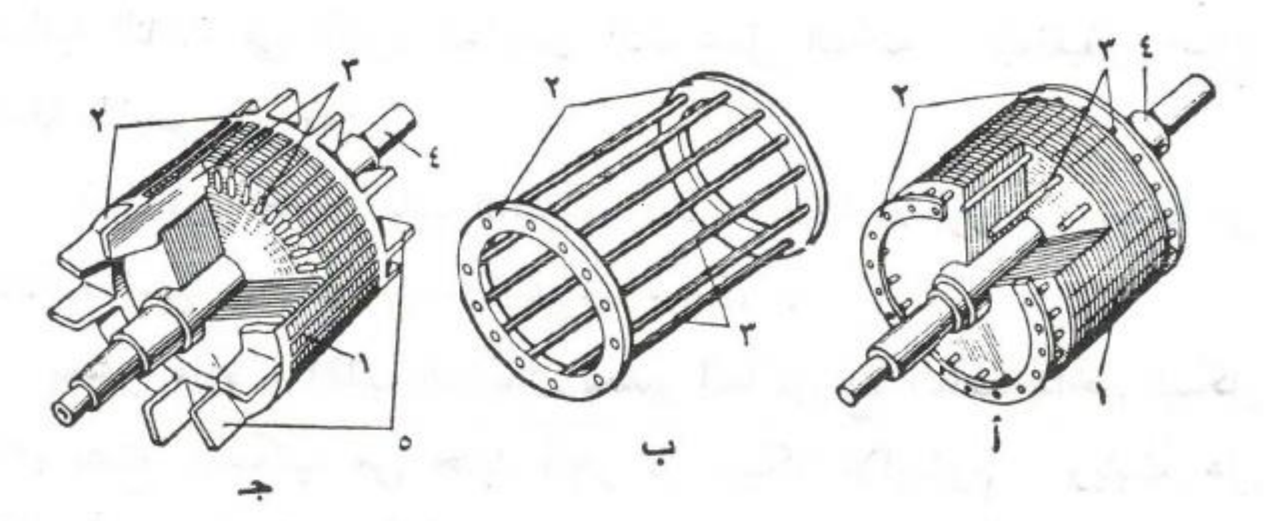
يحشر عادة ، القلب الحديدى للعضو الساكن مع الملف داخل الهيكل الذى يصنع بالسكب من حديد الزهر او سبيكة الالومنيوم . ويثبت على هيكل العضو الساكن غطاءان واقيان للمدارج مصنوعان بالسكب ، فى كل منهما ثقب مركزى من اجل المدارج التى يدور فيها عمود الدوران للعضو الدوّار .

وتوصل اطراف ملف العضو الساكن مع المآخذ الموجودة فى علبة المآخذ المثبتة على هيكل المحرك (الشكل ٢٣ – أ)، ويكون عددها عادة ستة اطراف للملف الثلاثى الاطوار، حيث ان ذلك يفسح المجال لاستخدام المحرك فى شبكات مختلفة الفلطية بمقدار $\sqrt{٣}$ مرة (مثلا ٣٨٠ و ٢٢٠ فولط) . يطابق الوصل النجمى للملفات الفلطية الاعلى، اما الفلطية الاخفض فتوافق الوصل المثلثى (الشكل ٢٣ – ب) . ولتبسيط هذه التحويلات يجرى تعليم المآخذ لملفات العضو الساكن فى العلبة بطريقة معينة، كما أنها تتوضع حسب ترتيب معين .



الشكل ٢٣ – توصيل نهايات الملفات مع المآخذ(أ)، وتوصيل مآخذ العلبة عند تشغيل الملفات الطورية بشكل نجمى او مثلثى (ب)

ويتألف العضو الدوار للمكنة (الشكل ٢٤ – أ) من القلب الحديدى والملف وعمود الدوران، وينفصل القلبان الحديديان للعضوين الساكن والدوار عن بعضهما بخلوص هوائى صغير (عادة ٠,٢ – ٠,٤ مم) .

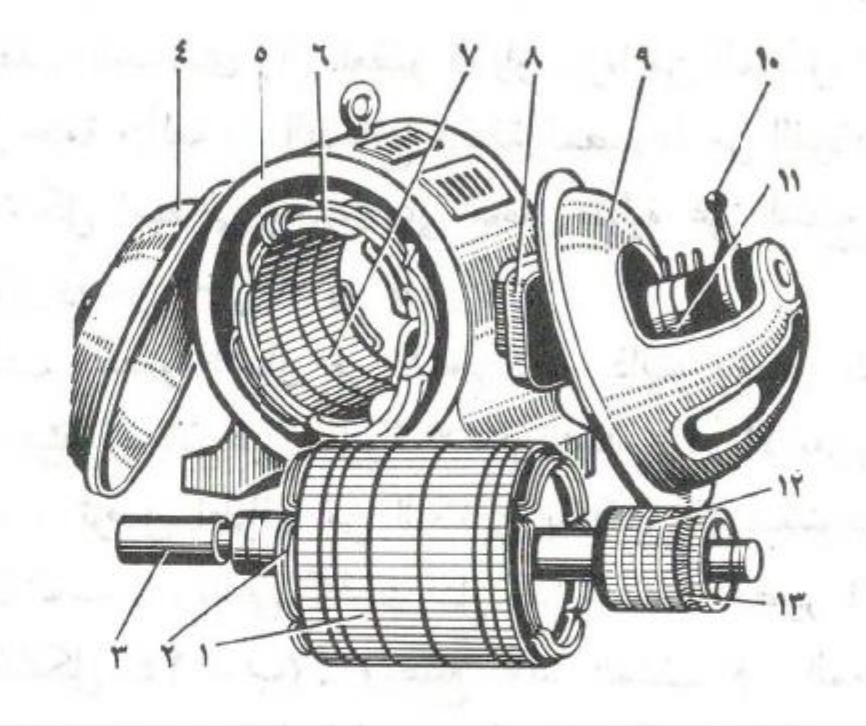


الشكل ٢٤ – عضو دوار مقصر الدائرة فى محرك كهربائى لامتزامن :
أ – القضبان موضوعة فى المجارى، ب – «قفص السنجاب»، جـ – مع ملف مسكوب من سبيكة الالومنيوم ؛ ١ – قلب العضو الدوار، ٢ – حلقات تقصير دائرة الملف، ٣ – قضبان الملف، ٤ – عمود الدوران، ٥ – ريش التهوية

يشكل القلب الحديدى (١) للعضو الدوار جزءا من الموصل المغناطيسى ، وهو عبارة عن حزمة متألفة من الصفائح الرقيقة المصنوعة من الفولاذ الكهربائى . ولهذه الحزمة شكل اسطوانى يحتوى على مجار طولية على السطح الخارجى ، وعلى ثقب مركزى من اجل عمود الدوران .

يكون ملف العضو الدوار فى المحركات ذات العضو الدوار القصير الدارة ، على هيئة قضبان غير معزولة ٣ من النحاس او الالومنيوم توضع فى مجارى القلب ، توصل اطرافها من الجانبين بحلقتين ٢ مصنوعتين عادة من معدن القضبان نفسه . ويدعى كذلك مثل هذا الملف القصير الدارة «بقفص السنجاب» (الشكل ٢٤ — ب) . ويصنع هذا الملف فى المحركات التى تصل قدرتها حتى ١٠٠ كيلوواط ، بطريقة سكب الالومنيوم المصهور فى المجارى ، تحت الضغط (الشكل ٢٤ — ج) . وفى نفس الوقت تسكب القضبان ٣ والحلقتان ٢ ، وشفرات التهوية ٥ . وتصنع فى هذه الحالة ، مجارى القلب بشكل مغلق على هيئة دائرة او قطع ناقص .

يبين الشكل ٢٥ محركا كهربائيا ثلاثى الاطوار غير متزامن ، له عضو دوار طورى ، ويطابق تركيب عضوه الساكن لما هو فى المحرك الحاوى على عضو دوار من طراز قفص السنجاب ، اما العضو الدوار ذاته فيختلف من حيث تركيبه . وقلب العضو الدوار عبارة عن حزمة اسطوانية الشكل مصنوعة من صفائح رقيقة بطريقة الكبس من الفولاذ الكهربائى ، تركب على عمود الدوران ٣ . وتوجد مجار على السطح الخارجى للقلب ، يوضع فيها الملف الثلاثى الاطوار ٢ المصنوع من السلك النحاسى المعزول . وينفذ ملف العضو الدوار الطورى حسب نفس المخططات التى ينفذ بموجبها ملف العضو الساكن ، وتوصل الاطراف عادة بشكل نجمة ، ويجرى اخراج الاطراف الثلاثة الحرة للنجمة باسلاك معزولة ، مارة عبر الثقب المحفور داخل عمود الدوران (انظر الشكل ٢٧ — ب) ، الى ثلاث حلقات للتماس ١٢ موجودة على العمود (وتصنع عادة من النحاس او النحاس الاصفر) ، ومعزولة كهربائيا عن بعضها البعض وعن العمود . وتتلامس هذه الحلقات الدوارة أثناء عمل المحرك ، مع الفراجين الثابتة المركبة فى



الشكل ٢٥ – محرك كهربائى لامتزامن له عضو دوار طورى :
١ – قلب العضو الدوار ، ٢ – ملف العضو الدوار ، ٣ – عمود ، ٤ – غطاء المدرجة من جهة جهاز التحريك ، ٥ – هيكل العضو الساكن ، ٦ – ملف العضو الساكن ، ٧ – قلب العضو الساكن ، ٨ – علبة المآخذ ، ٩ – غطاء المدرجة من جهة حلقات التماس ، ١٠ – ذراع نبيطة تقصير الدائرة ، ١١ – حوامل الفراشى ، ١٢ – حلقات التماس، ١٣ – الحلقة المتحركة على طول العمود لنبيطة تقصير الدائرة

حوامل الفراجين ١١ ، التى تثبت على الغطاء الواقى ٩ للمدرجة . ويتم توصيل الاطراف الستة لملف العضو الساكن ٦ مع علبة المآخذ ٨ ، الموجودة على هيكل المحرك ٥ . وبالاضافة الى ذلك توصل مع علبة المآخذ ، الاطراف الثلاثة لملف العضو الدوار ٢ (عبر حلقات التماس والفراجين) . وبهذه الطريقة ، يمكننا أن نوصل ريوستات التنظيم أو الاقلاع ، والخوانق ، وغير ذلك فى دائرة ملف العضو الدوار .

وفى بعض المحركات الكهربائية غير المتزامنة ذات العضو الدوار الطورى التى تم تصنيعها سابقا ، يوجد جهاز لتقصير الدارة ، يتألف من الذراع ١٠ المزود بشوكة ، ومن الحلقة المتحركة ١٣ . وبواسطة هذا الجهاز توصل حلقات التماس الثلاث فى العضو الدوار مع بعضها كهربائيا اثناء دورانه ، وترتفع الفراجين ، وذلك بعد انتهاء فترة بدء تشغيل (اقلاع) المحرك ، واخراج ملف ريوستات الاقلاع من الدارة .

وتكون المحركات الكهربائية غير المتزامنة ، والمزودة بالعضو الدوار الطورى ، اعقد تركيباً ، وأغلى فى ثمناً ، واقل ضمانة من المحركات المزودة بالعضو الدوار القصير الدارة (قفص السنجاب) ، ولذلك فهى تستخدم اقل بكثير ، مثلا فى اجهزة التحريك العاملة فى ظروف صعبة لبدء التشغيل ، او حيث يجب تلبية متطلبات خاصة لانسياب بدء التشغيل، وعند الحاجة الى ضبط وتغيير عدد الدورات وغير ذلك .

لقد بدأ الانتقال فى صناعة الاتحاد السوفييتى الى انتاج دفعات موحدة من المكنات الكهربائية ، من انتاج المحركات الكهربائية غير المتزامنة ، باعتبارها مكنات تحظى باوسع استخدام فى البلاد .

وكانت الدفعة الاولى الموحدة للمحركات الكهربائية غير المتزامنة والشاملة الاغراض ، قد ظهرت فى بداية الخمسينات . وكان يرمز للمحركات الكهربائية بالرمز A (محمية من الرذاذ) ، وبالرمز AO (مغلقة وتبرد بالهواء) . وكانت تلك الدفعة تضم محركات عدد دوراتها ٣٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٧٥٠ دورة/دقيقة ، وقدراتها (٠,٦ — ١,٠ — ١,٧ — ٢,٨ — ٤,٥ — ٧ — ١٠ — ١٤ — ٢٠ — ٢٨ — ٤٠ — ٥٥ — ٧٥ — ١٠٠ كيلوواط)، وفيها ١٤ قياسا .

وبالاضافة الى المحركات الكهربائية الاساسية التى دخلت ضمن الدفعة الموحدة الاولى ، فانها كانت تضم عددا من الانواع المزودة بتجهيزات خاصة : محركات ذات عزم مرتفع عند بدء التشغيل (يرمز لها بالرمز AΠ و AOΠ) ، ومحركات ذات سرعات متعددة (يذكر فى رموزها عدد الاقطاب الموافق ٤/٦/٨) ، ومحركات ذات عضو دوار طورى (AK) . ونظرا للحاجة الى توفير النحاس ، فقد صنعت محركات كهربائية مزودة بملفات من الالومنيوم فى العضو الساكن ، معزولة بعازل مينائى (كان الحرف A يضاف فى نهاية رمز هذه المحركات بعد ذكر هذه الاقطاب) .

لقد صنعت هياكل المحركات الكهربائية A و AO من حديد الزهر الرمادى (الفونت) بطريقة السكب ، بينما صنعت هياكل المحركات (القياسان الثالث والرابع) من سبيكة الالومنيوم . ويزود هيكل المحركات

المحمية من الرذاذ (A) بثقبين جانبيين وثقب واحد فى الأسفل لخروج هواء التبريد (يتم امتصاص الهواء عبر ثقوب موجودة فى اغطية المدارج) . وفى داخل الهيكل توجد اربعة اضلاع طولية يثبت عليها قلب العضو الساكن مع الملف . اما هياكل المحركات المغلقة والتى يتم تبريدها بالتهوية (AO) ، فهى مزودة من الخارج باضلاع طولية تعمل على زيادة سطح التبريد ، ويكون السطح الداخلى لهياكل هذه المحركات معالجا على المخرطة ، ولكنه يحتوى على أقنية طولية يتم الحصول عليها بواسطة السكب ، تدخل فيها اقواس تثبيت قلب العضو الساكن . وتزود المحركات AO من القياسات ٧ ــ ٩ كذلك بأقنية مخصصة للدوران الداخلى للهواء .

وفى المحركات الكهربائية المحمية (الشكل ٢٦ ــ أ) لجميع قياسات الدفعة الموحدة الاولى ، يزود العضو الدوار من طرفيه بريشتى التهوية ٣ ، المثبتتين على حلقات تقصير الدارة والتى صنعت بالسكب كقطعة واحدة مع الحلقات .

وفى المحركات الكهربائية المغلقة والتى تبرد بالهواء المنفوخ (الشكل ٢٦ ــ ب) توجد مروحة نابذة خارجية ٧ ، مغطاة بغطاء ٨ مكبوس من لوح فولاذى ، وهى تركب على طرف عمود الدوران المقابل للطرف العامل ، ويتوجه الهواء على الاضلاع الخارجية ٥ للهيكل . وبالاضافة الى ذلك فان هذه المحركات من القياسات ٧ ــ ٩ تزود بمروحة اضافية داخلية لخلط الهواء داخل المكنة ، بحيث يساهم ذلك فى تصريف الحرارة بصورة افضل .

يتألف القلب فى العضو الساكن لمحركات الدفعة الموحدة الاولى من صفائح مكبوسة من الفولاذ الكهربائى بسماكة ٠,٥ مم . وعند تحضير القلوب تجمع الصفائح على قاعدة ، ثم تضغط فى حزمة ، وتثبت الحزمة باقواس تلحم على السطح الخارجى بواسطة اللحام الكهربائى (اما حزم الأعضاء الساكنة فى المحركات AOЛ فتسكب عليها سبيكة الالومنيوم تحت الضغط ، دون استخدام أقواس التثبيت) . ومنعا لتباعد الاسنان وللتثبيت الافضل للحزمة ، توضع على طرفى قلب العضو الساكن صفيحتان طرفيتان سميكتان مع فلكتين (حلقتى تثبيت) ، وتكون جميعها مثبتة بنفس الاقواس .

وفى المحركات من القياسات ٦ ــ ٨ تكون مجارى الصفائح الطرفية والصفيحتين المجاورتين ذات ابعاد اكبر ، والاسنان خالية من التيجان . ولزيادة الجساءة تلحم عدة صفائح طرفية مع بعضها بواسطة اللحام النقطى .

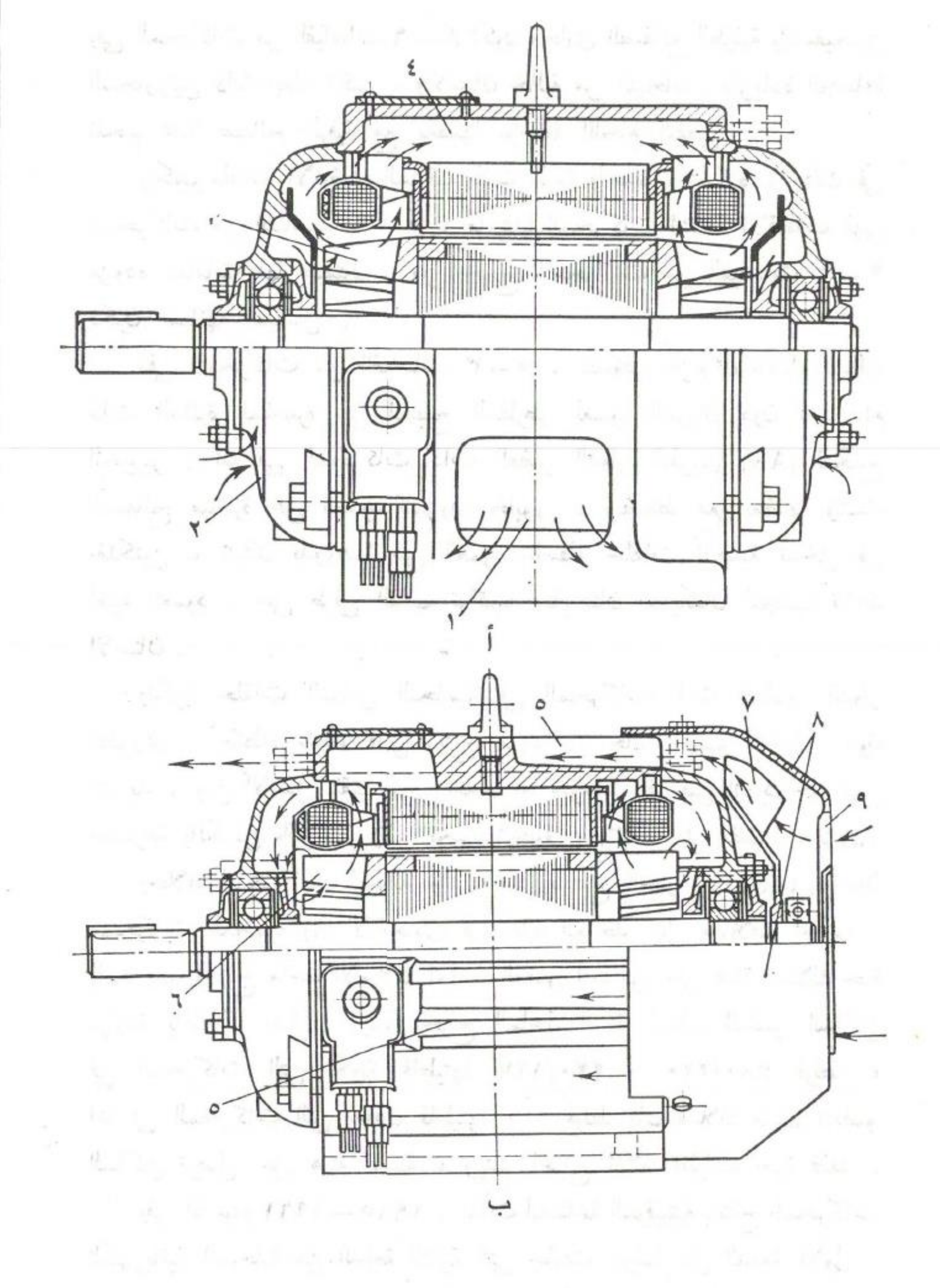
وتكون ملفات الاعضاء الساكنة ذات طبقة واحدة ومتمركزة ، وذلك فى المحركات من القياسات ٣ ــ ٥ ، ما عدا المحركات الثنائية الاقطاب فهى مزودة بملفات لها طبقتان . وفى جميع المحركات من القياسات ٦ ــ ٩ تكون ملفاتها بطبقتين .

وفى المحركات من القياسات ٣ ــ ٥ ، تضغط حزم الأعضاء الدوارة ذات الدائرة المقصرة على السطح المطرطر لعمود الدوران دون استخدام الخوابير . اما فى المحركات ذات العضو الدوار الطورى (AK) فتجمع الصفائح مباشرة على العمود المزود بخابور ، وتضغط مع بعضها وتثبت بفلكتين ، تثبتان بدورهما على العمود بواسطة حلقات نابضية تدخل فى أقنية العمود . وعلى طرفى القلب تركب صفيحتان سميكتان لتجنب تباعد الاسنان .

وتكون حلقات التماس النحاسية فى المحركات ذات العضو الدوار الطورى ، مغطاة بغطاء قابل للنزع مزود من جانبه بثقب لدخول هواء التبريد ، ومن الاسفل بثقب لخروجه . اما حوامل الفراجين المزدوجة فهى مصنوعة بالكبس والبراشيم وتقع تحت الغطاء ، وتثبت على قضيب معزول.

وخلافا للمحركات المغلقة والتى تبرد بالنفخ الخارجى (AO) ، فان المحركات المحمية (A) لا تحتوى فى علبة المآخذ على وصلات خاصة ، وانما يتم اخراج مآخذ الاسلاك لملف العضو الساكن على هيئة اسلاك حرة مزودة باطراف وصل . ويتم اخراج المآخذ الستة لملف العضو الساكن فى المحركات التى تكون فلطيتها ١٢٧/٢٢٠ و ٢٢٠/٣٨٠ فولط ، اما فى المحركات التى تعادل فلطيتها ٥٠٠ فولط فان اسلاك ملف العضو الساكن توصل على هيئة نجمة ، ويتم اخراج ثلاثة اطراف حرة فقط .

وفى الاعوام ١٩٦١ ــ ١٩٦٥ ، بدأت الصناعة السوفييتية بانتاج المحركات الكهربائية الموحدة من الدفعة الثانية التى جاءت عوضا عن الدفعة الاولى .



٤
٢'
٢
١
أ
٥
٧
٨
٩
٦
٥
ب

ويرمز لهذه المحركات بالرمز A2 (المحركات المحمية من الرذاذ) ، وبالرمز ,AO2 (المحركات المغلقة والمبردة بالنفخ الخارجى) ، وهى تختلف عن محركات الدفعة الموحدة الاولى بمردود (معامل كفاية) أعلى وبقيمة أكبر للمقدار $\cos\varphi$ ، وبحجم أصغر ووزن أقل من اجل نفس القدرة (الاستطاعة) ، وتمتاز ايضا بزيادة نسبة الاجزاء والوحدات القياسية . وقد تم التوصل الى تحسين المدلولات المتعلقة بالطاقة وانقاص الكتلة ، بشكل رئيسى بفضل استخدام مواد عازلة للأسلاك تستطيع الصمود بشكل أفضل ضد الحرارة .

وتشمل الدفعة الموحدة الثانية للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ، المخصصة للاستخدام الواسع فى الصناعة ، على تسعة قياسات . وفى كل قياس يوجد محركان بطولين مختلفين . وهناك ١٨ درجة للقدرة فى النطاق الواقع بين ٠,٦ و ١٠٠ كيلوواط ، وهى كما يلى : ٠,٦ — ٠,٨ — ١,١ — ١,٥ — ٢,٢ — ٣ — ٤ — ٥,٥ — ٧,٥ — ١٠ — ١٣ — ١٧ — ٢٢ — ٣٠ — ٤٠ — ٥٥ — ٧٥ — ١٠٠ كيلوواط . وهذا يعنى وجود ٤ درجات زيادة عما فى الدفعة الموحدة الاولى ، مما يسمح بتلبية حاجات العديد من فروع الاقتصاد الوطنى . كما اتسع نطاق عدد الدورات من اربع درجات الى خمس ، وهى : ٣٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٧٥٠ ، ٦٠٠ دورة/دقيقة .

وتضم الدفعة الموحدة الثانية سبعة انواع مختلفة كهربائيا : محركات ذات عزم مرتفع لبدء التشغيل ,(AOП2) ؛ محركات ذات حلقات انزلاقية (AOC-2) و (AOПC2 ؛ محركات مزودة بعضو دوار طورى (AOK2 و AK2) ؛ محركات متعددة السرعات ؛ محركات ذات مدلولات كهربائية

الشكل ٢٦ — مقطع المحرك الكهربائى اللامتزامن من الدفعة الموحدة الاولى (القياس الرابع) ، ومخطط حركة هواء التبريد :

أ — محرك ذو تصميم محمى (A) ، ب — محرك ذو تصميم مغلق يبرد بالنفخ الخارجى (AO) ، ١ — ثقب فى الهيكل لخروج هواء التبريد ، ٢ — ثقوب فى اغطية المدارج لدخول هواء التبريد ، ٣ — ريش المروحة ، ٤ — ضلع طولى فى الهيكل لتثبيت قلب العضو الساكن ، ٥ — الاضلاع الخارجية لتبريد الهيكل ، ٦ — ريش المراوح التى تحرك الهواء داخل المكنة ، ٧ — مروحة النفخ الخارجى ، ٨ — غلاف مروحة النفخ الخارجى ، ٩ — ثقب فى الغلاف لسحب هواء التبريد

مرتفعة ، مخصصة لصناعة النسيج (AOT2) ؛ محركات مزودة بملفات مصنوعة من الالومنيوم للعضو الساكن ؛ ومحركات مخصصة للتردد ٦٠ هرتز (يضاف الرقم ٦٠ الى رمز هذا النوع من المحركات) .

واضافة الى التصاميم الاساسية A2 و AO2 ، فقد تم استدراك ستة تصاميم متخصصة أخرى ، وهى : التصميم الخاص بالمناطق الحارة (T) ، والمحركات الصامدة كيميائيا (X) ، والمحركات الصامدة للرطوبة والصقيع (B) ، والمحركات المنخفضة الضجيج (III) ، والمحركات الخاصة بمكنات التشغيل الدقيقة (C1) والفائقة الدقة (C2) . وتضاف الاحرف والارقام المبينة بين قوسين ، الى الرمز الكامل لنمط المحرك .

وتضم الدفعة الثانية الموحدة للمحركات الكهربائية ثلاثة اشكال تصميمية : محركات بارجل ولها غطاءان للمدرج (1M1) ، ومحركات بارجل ، ولكنها مزودة بشفة على غطاء المدرجة من جهة الجانب العامل لعمود الدوران (1M2) ؛ ومحركات بدون ارجل ، ولكنها مزودة بشفة على غطاء المدرجة من جهة الجانب العامل لعمود الدوران (1M3) .

وتمتاز المحركات الكهربائية من القياسات ١ ــ ٥ بتصميم مغلق ومبرد بالنفخ الخارجى (AO2) ، اما المحركات من القياسات ٦ ــ ٩ فهى تكون بتصميم مغلق ومبرد بالنفخ (AO2) او بتصميم محمى (A2) . وقد جرى تحسين منظومة التهوية نوعا ما فى محركات الدفعة الثانية ، مما ادى الى التبريد الافضل للمكنات .

وقد صنعت هياكل المحركات واغطية المدارج فى محركات الدفعة الثانية من حديد الزهر ؛ الا ان المحركات من القياسات ١ ــ ٣ والنمط AOЛ2 ، فان هياكلها وأغطية مدارجها صنعت من سبيكة الالومنيوم .

تكون مجارى القلوب الحديدية فى الاعضاء الساكنة بشكل نصف مغلق ، اما ملفات الاعضاء الساكنة فهى مصنوعة من السلك ماركة ПЭТ (ما عدا المحركات ذات التصاميم الخاصة) . وتكون الملفات بطبقة واحدة فى المحركات من القياسات ١ ــ ٣ ، وجزئيا من القياس الرابع ، اما ملفات المحركات الكبيرة الحجم فتكون بطبقتين .

تتغذى هذه المحركات بتيار كهربائى فلطيته ٢٢٠/٣٨٠ أو ٣٨٠ أو ٥٠٠ فولط . وفى التصاميم المخصصة للمناطق الحارة تكون الفلطية ٢٣٠/٤٠٠ فولط .

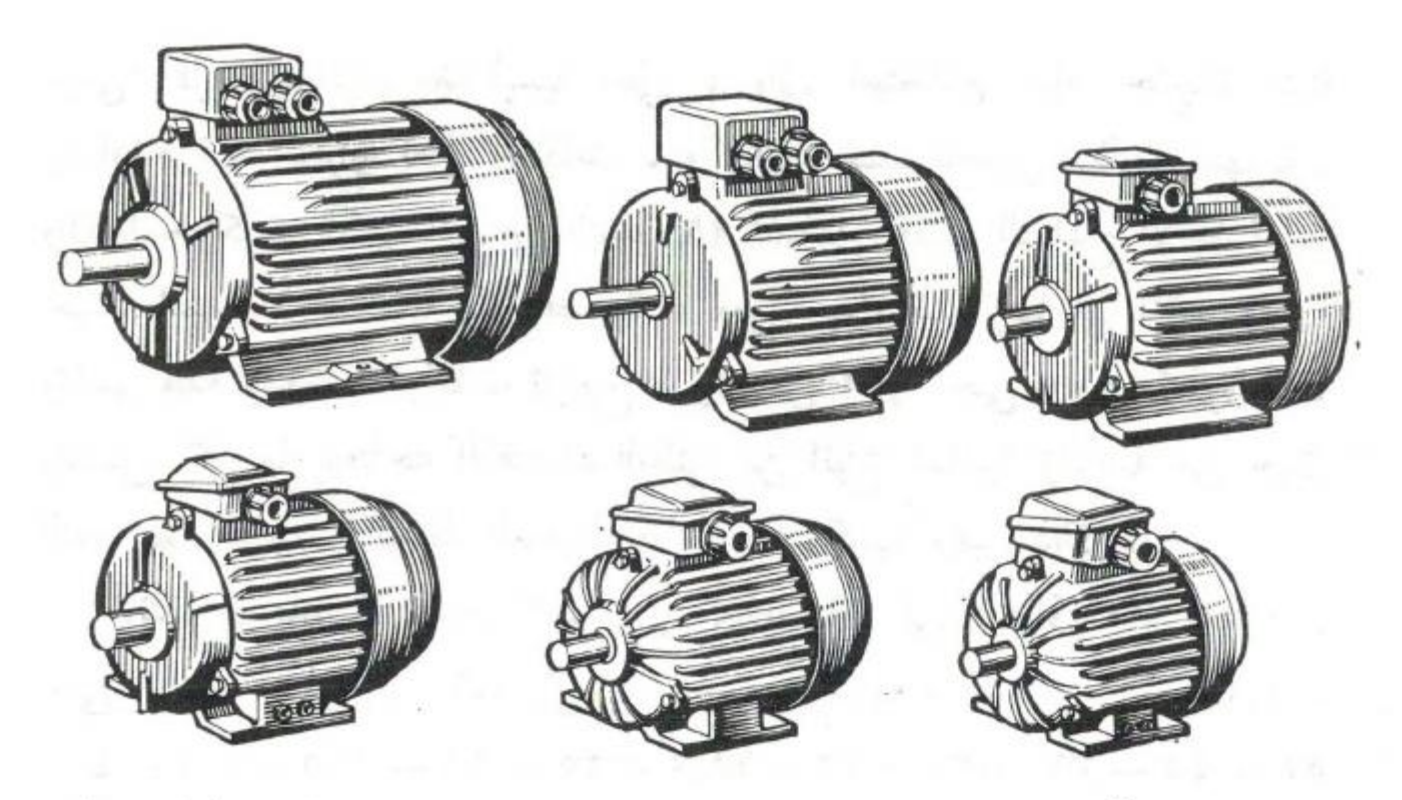
ويبين الشكل ٢٧ بنية المحركات من الدفعة الموحدة الثانية . ويرمز لنمط المحرك باحرف وارقام كما فى الدفعة الموحدة الاولى . فمثلا ، يفسر الرمز AO-51-4 كما يلى : A – لامتزامن ، O – يبرد بالنفخ ، والرقم الاول بعد الاحرف يدل على رقم القياس ، اما الرقم الثانى فيدل على مرتبة الاطوال ، ويدل الرقم الاخير على عدد الاقطاب . وبالتالى ، فان الرمز المذكور يعود الى محرك كهربائى من الدفعة الموحدة الاولى ، لامتزامن وثلاثى الطور ، ذى عضو دوار على شكل قفص السنجاب ، فى هيكل مغلق يبرد بالنفخ ، وله قلب حديدى من القياس الخامس ، وطوله من المرتبة الاولى ، وله أربعة أقطاب .

اما الرمز AO2-61-6 فيعود الى محرك كهربائى من الدفعة الموحدة الثانية ، ثلاثى الطور وغير متزامن ، له عضو دوار على شكل قفص السنجاب ، وهو ذو تصميم مغلق يبرد بالنفخ ، وقلبه الحديدى من القياس السادس ، وطوله من المرتبة الاولى ، وله ستة أقطاب .

ان الدفعة الموحدة الجديدة 4A ، التى بدأ استثمارها فى الوقت الحاضر عوضا عن الدفعات السابقة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ، والمخصصة للاغراض الصناعية العامة ، جاءت نتيجة للتطور النوعى اللاحق لصناعة المعدات الكهربائية السوفييتية . فهذه المحركات 4A (الشكل ٢٨) تختلف عن سابقاتها من المحركات بوزنها الأقل وحجمها الاصغر وانخفاض مستوى ضجيجها وارتجاجها ، وازدياد عزم بدء التشغيل وارتفاع ضمانتها . فمثلا ، اذا كان المحرك الكهربائى من الدفعة الاولى ذا عضو دوار على هيئة قفص السنجاب ، وله تصميم مغلق ويبرد بالنفخ ، ومحسوب على قدرة ٤ كيلوواط مع عدد دورات ١٥٠٠ دورة/دقيقة ، وإذا كان هذا المحرك يزن ٧٩ كيلوغراما ، ويعادل عزم الاقلاع (بدء التشغيل) فيه ١,٤ مرة للعزم المقدر ؛ فان كتلة مثل هذا المحرك من الدفعة الموحدة الثانية نقصت حتى

أ

ب



الشكل ٢٨ – المحركات الكهربائية الثلاثية الاطوار واللاامتزامنة ، من الدفعة القياسية 4A

٦٠ كيلوغراما ، ونسبة عزم الاقلاع الى العزم المقدر ارتفعت حتى ١,٥ مرة ؛ اما فى الدفعة الجديدة 4A فان الكتلة اصبحت ٤٠,٥ كيلوغراما والنسبة ٢ مرة .

يعود الفضل فى تحسين نوعية محركات الدفعة الجديدة الموحدة الى استخدام فولاذ كهربائى افضل فى الموصلات المغناطيسية يمتاز بفقدان

الشكل ٢٧ – المحركات الكهربائية اللاامتزامنة من الدفعة الموحدة الثانية : أ – طراز AO2-41 ، ب – طراز AK2-81 ؛ ١ – عمود الدوران ، ٢ – غطاء المدرجة ، ٣ – المدرجة ، ٤ – غطاء المدرجة ، ٥ – النهايات الخارجية لأسلاك ملف العضو الساكن ، ٦ – وشيعة الملف الاحادى الطبقة للعضو الساكن ، ٧ – هيكل العضو الساكن ، ٨ – حلقة للرفع ، ٩ – قلب العضو الساكن ، ١٠ – قلب العضو الدوار ، ١١ – قوس لشد رزمة الصفائح لقلب العضو الساكن ، ١٢ – غلاف مروحة النفخ الخارجى ، ١٣ – مروحة النفخ الخارجى ، ١٤ – لولب تثبيت عنق المروحة على عمود الدوران ، ١٥ – ريش المروحة التى تحرك الهواء داخل المكنة ، ١٦ – علبة المآخذ ، ١٧ – ملف العضو الدوار ، ١٨ – فلكة ضاغطة ، ١٩ – حزام القسم الجبهى لملف العضو الدوار ، ٢٠ – مأخذ من ملف العضو الدوار الى حلقة التماس ، ٢١ – الحلقة الساندة للاقسام الجبهية لملف العضو الدوار ، ٢٢ – نتوءات الفلكة الضاغطة ترتكز عليها الحلقة الساندة ، ٢٣ – قرص يثبت عليه محور حامل الفراشى ، ٢٤ – الغطاء الخارجى لحجرة المدرجة (يثبت بالقرص ٢٣) ، ٢٥ – حلقات التماس ، ٢٦ – غطاء قابل للنزع لحلقات التماس ، ٢٧ – قفل الغطاء القابل للنزع

نوعى أقل وبنفاذية مغناطيسية اعلى ، والى استخدام مواد جديدة متينة وصامدة ضد الحرارة لعزل الملفات ، وكذلك بسبب تحسين منظومة التهوية . وان المحركات الكهربائية من النمط 4A تضاهى أفضل النماذج الاجنبية من حيث المواصفات الفنية والاقتصادية ، ومن حيث ضمانيتها فى الاستثمار . وتضم هذه الدفعة محركات تتراوح قدرتها من ۰,۱۲ حتى ٤٠٠ كيلوواط ، وتشمل كل ما يحتاجه الاقتصاد الوطنى من انواع اساسية وخاصة من حيث التصميم وظروف الوسط المحيط وطريقة التركيب وغير ذلك .

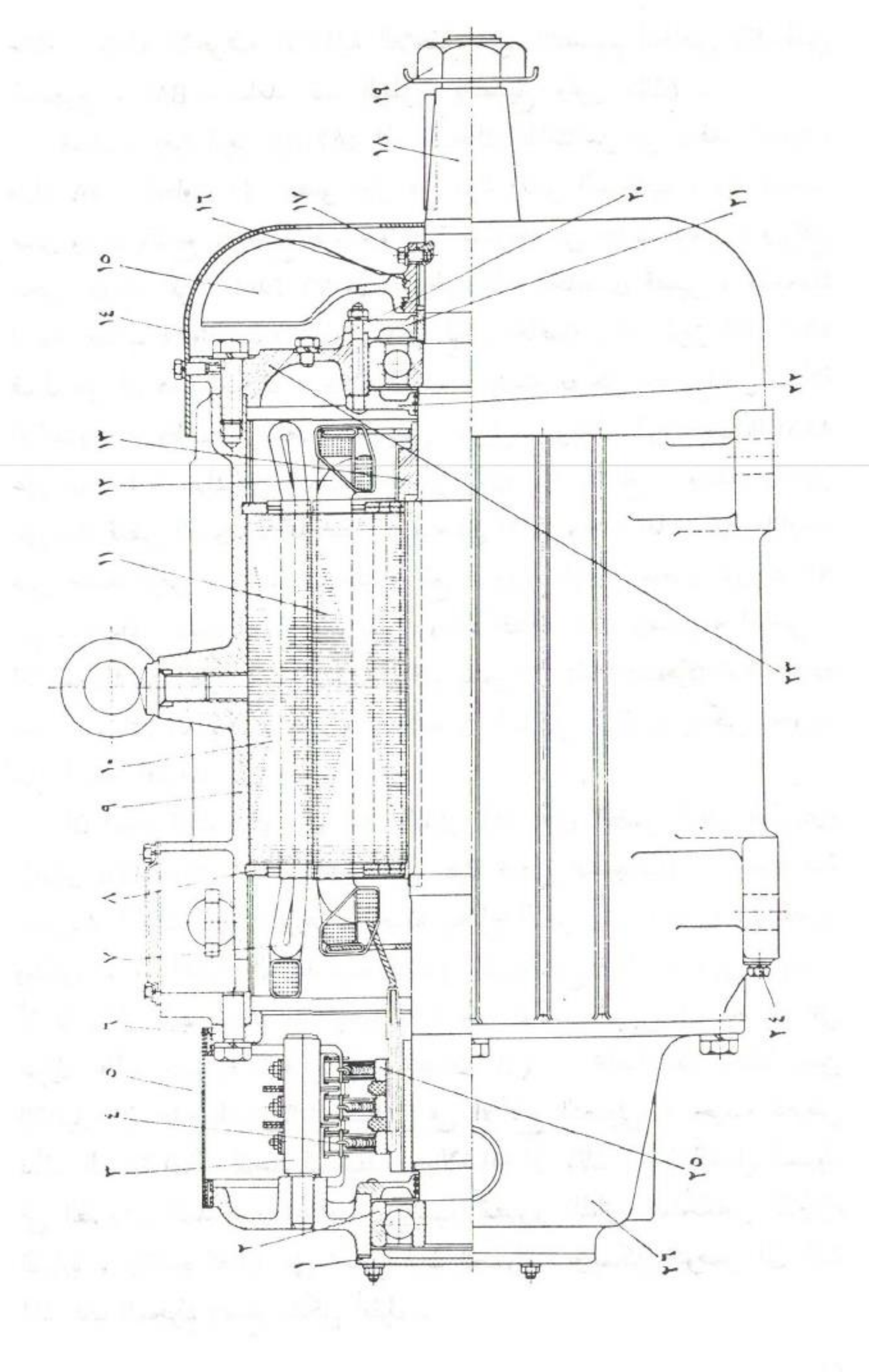
وتتدرج قدرات المحركات من الدفعة 4A فى النطاق من ۰,٥٥ . حتى ۱۱۰ كيلوواط كما يلى : ۰,٥٥ — ۰,۷٥ — ۱,۱ — ۱,٥ — ۲,۲ — ٤ — ٥,٥ — ۷,٥ — ۱۱ — ۱٥ — ۱۸,٥ — ۲۲ — ۳۰ — ۳۷ — ٤٥ — ٥٥ — ۷٥ — ۹۰ — ۱۱۰ كيلوواط . وفى هذا النطاق المذكور للقدرات يكون ارتفاع محاور الدوران كما يلى : ٦٣ ، ۷۱ ، ۸۰ ، ۹۰ ، ۱۱۰ ، ۱۱۲ ، ۱۳۲ ، ۱٦۰ ، ۱۸۰ ، ۲۰۰ ، ۲۲٥ مم .

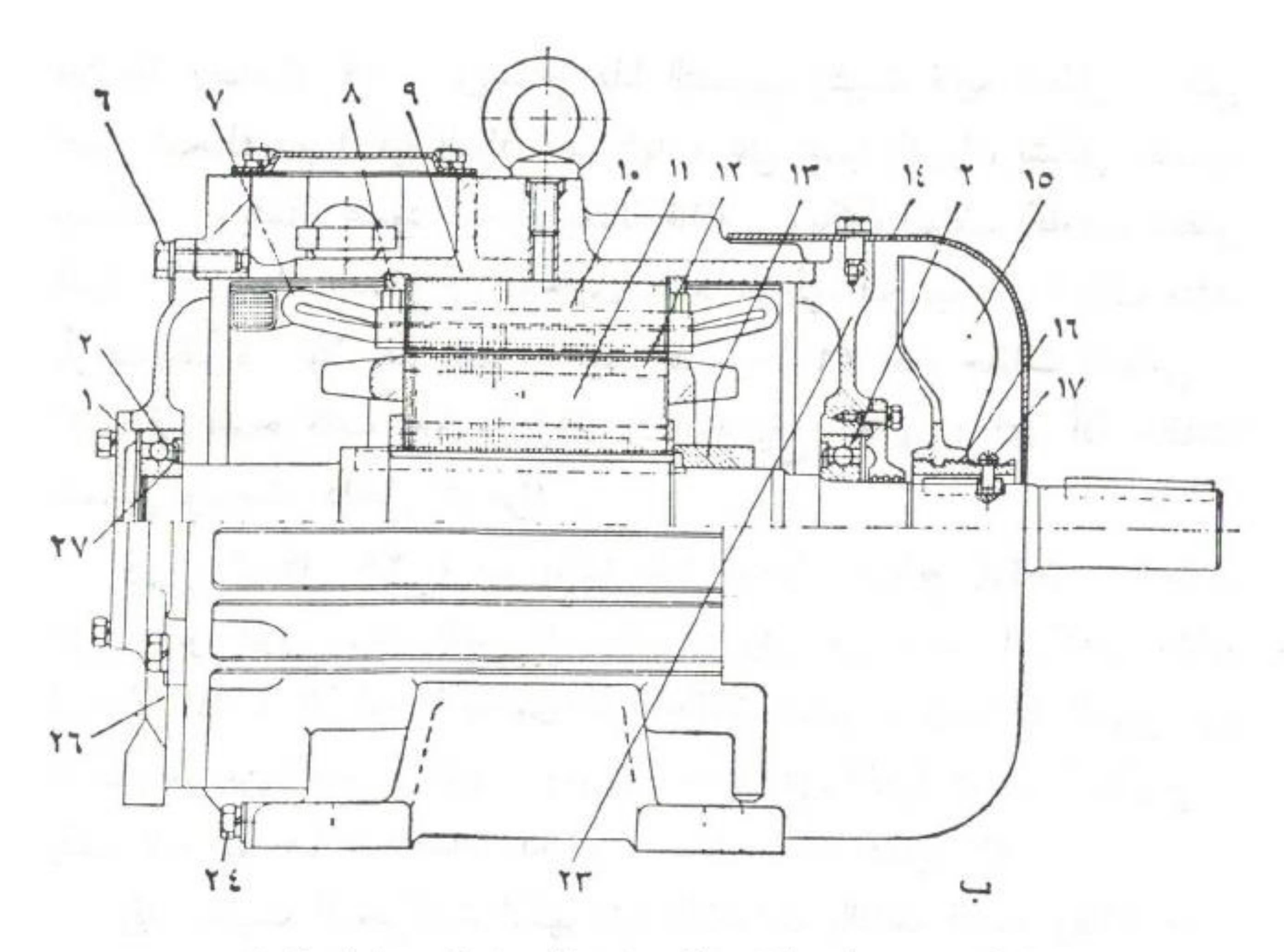
وقد تغيرت بشكل اساسى طريقة الرمز لطراز المحركات من الدفعة الجديدة . فالرمز 4A يدل على انتماء المحرك لهذه الدفعة (تصميم مغلق ويبرد بالنفخ) ، او 4AH (تصميم محمى من الشظايا) ، اذا كان هذا الرمز فى البداية . واذا وضع حرف آخر A بعد ذلك ، فان هذا يدل على ان هيكل المحرك واغطية المدارج مصنوعة من سبائك الالومنيوم ، اما اذا وضع الحرف X ، فان هيكل المحرك يكون من الالومنيوم اما اغطية المدارج فمن حديد الزهر (عدم وجود حرف اضافى A او X يدل على ان الهيكل واغطية المدارج مصنوعة من حديد الزهر) . ومن ثم يلى ذلك حرف يدل على النوع الكهربائى ، مثلا الحرف C يدل على ان المحرك ذو تزحلق عال . وبعد ذلك يوضع رقم يدل على ارتفاع محور الدوران للمحرك بالمليمترات . وتدل الاحرف اللاحقة على مراتب طول هيكل العضو الساكن (L — طويل ، M — متوسط الطول ، S — قصير) وطول القلب الحديدى (A — قصير ، B — طويل) . ومن ثم يذكر عدد الاقطاب ، بحيث انه اذا كان المحرك متعدد السرعات ، تعطى جميع القيم الموافقة لعدد الاقطاب ، مع الفصل بينها بخطوط

مائلة . وتدل الاحرف الاضافية اللاحقة على التصميم الخاص (H–قليل الضجيج ، BM – صامد ضد الرطوبة والصقيع وغير ذلك) .

فمثلا ، يعود الرمز 4A71A4 الى المحرك اللاامتزامن من الدفعة الجديدة طراز 4A ، الحاوى على عضو دوار على هيئة قفص السنجاب ، وله تصميم مغلق ويبرد بالنفخ ، وصنع هيكله واغطية مدارجه من حديد الزهر ، ويرتفع محور دورانه عن القاعدة ٧١ مم ، وطول قلبه الحديدى قصير ، وللمحرك اربعة اقطاب ، وتصميمه اساسى (اى ليس خاصا) . اما الرمز 4AX71B4 فيدل على ان هذا المحرك ، خلافا لسابقه ، يتمتع بهيكل مصنوع من سبيكة الالومنيوم ، وقلب موصله المغناطيسى طويل . ويدل الرمز 4AXC90L4 على ان هذا المحرك من التصميم المغلق الذى يبرد بالنفخ ، وعضوه الدوار على هيئة قفص السنجاب وقد صنع هيكله من الالومنيوم ، اما اغطية مدارجه فمن حديد الزهر ، ويمتاز بتزحلق مرتفع ، ويبلغ ارتفاع محور دورانه ٩٠ مم ، وهيكل عضوه الساكن طويل ، وعدد اقطابه ٤ ، وتصميمه اساسى . اما المحرك من الطراز 4AX90L4/2 ، فهو ينتمى الى انواع المحركات المتعددة السرع ، اى انه يحتوى على ملف العضو الساكن ، الذى يمكن تحويله من أربعة أقطاب الى قطبين .

ان المحركات الكهربائية من الطراز MT (ذى العضو الدوار الطورى) والطراز MTK (ذى العضو الدوار على هيئة قفص السنجاب) ، المخصصة لتحريك آليات الرفع وغيرها ، حيث يحتاج الامر الى نظام عمل قصير ومتكرر ، مع التكرار الشديد لبدء التشغيل والفرملة ومع فرط التحميل ، يجب أن لا تمتاز فقط بمتانة ميكانيكية عالية جدا فحسب ، بل وان تحتوى على عوازل عالية الصمود للحرارة (من الصنف B) ، خاصة اذا أخذنا بعين الاعتبار ان هذه المحركات تستثمر فى الانتاج التعدينى ، حيث تتعرض لتأثير الحرارة العالية للوسط المحيط . وبالاضافة الى ذلك ، فان العمل المقبول فى الظروف المذكورة اعلاه ، يتطلب القصور الذاتى المنخفض للاجزاء الدوارة ، والقدرة العالية على تحمل فرط الحمولة . ويمكن التوصل الى ذلك اذا كان المحرك يتمتع بشكل أطول .





الشكل ٢٩ – المحركات الكهربائية اللامتزامنة من اجل الروافع :
أ – طراز MT-41 ذات القلب الدوار الطورى ، ب – طراز MTK-11 ذات القلب الدوار المقصر ؛ ١ ، ٢١ ، ٢٢ – أغطية حجرات المدارج ، ٢ – مدرجة كروية ، ٣ – زناد حوامل الفراشى ، ٤ – حامل الفرشاة ، ٥ – غطاء النافذة الموجودة فى غطاء المدرجة ، ٦ – لولب تثبيت غطاء المدرجة ، ٧ – ملف ثنائى الطبقة للعضو الساكن ، ٨ – حلقة الاغلاق للقلب الفولاذى ، ٩ – جسم العضو الساكن ، ١٠ – القلب الفولاذى للعضو الساكن ، ١١ – قلب العضو الدوار ، ١٢ – ملف العضو الدوار ، ١٣ – جلبة على العمود لتثبيت قلب العضو الدوار ، ١٤ – غلاف المروحة ، ١٥ – مروحة مصنوعة من الالومنيوم بالسكب ، ١٦ – جلبة فولاذية مسكوبة داخل المروحة ، ١٧ – لولب تثبيت المروحة ، ١٨ – الطرف المخروطى العامل للعمود ، وهو مزود بخابور ، ١٩ – صامولة شد ، ٢٠ – لولب لاغلاق الثقب الكائن فى غطاء المدرجة ، والمخصص لقياس مقدار الخلوص الهوائى الموجود بين العضو الساكن والعضو الدوار ، ٢٣ و ٢٦ – اغطية المدارج ، ٢٤ – لولب لوصل سلك التأريض ، ٢٥ – حلقات التماس ، ٢٧ – فلكة واقية لمدارج

ويبين الشكل ٢٩ ، أ خصائص تركيب هذه المكنات ، فالمحرك طويل ، مغلق ويبرد بالنفخ . فالمروحة ١٥ تقع من جهة الطرف العامل لعمود الدوران . ويكون الجزء البارز للعمود ١٨ مخروطى الشكل ، مزود بخابور وعلى نهايته

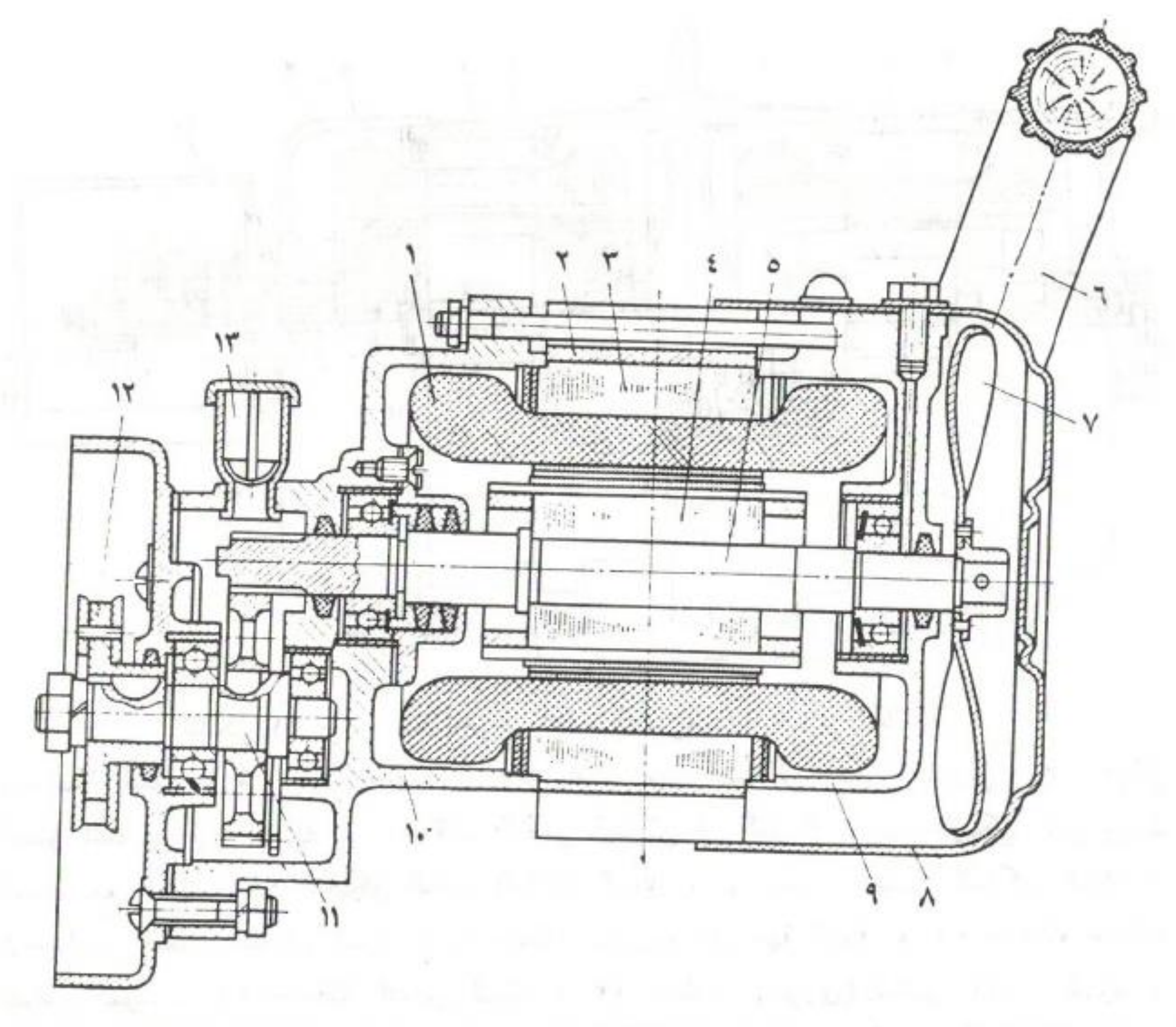
قلاووظ وصامولة ١٩ . ويسمح هذا التصميم بتثبيت قارنة الوصل ، التى تصل المحرك مع الآلية المراد تحريكها ، على عمود الدوران بشكل مضمون ومحكم . ويتمتع عمود المحرك بمتانة فائقة . ويكون الملف الطورى للعضو الدوار ١٢ مثبتا باحكام فى المجارى ، اما الاجزاء الجبهية من الملف فتشد بأربطة مقوّاة . ولا يقع الغطاء الخلفى للمدرجة ٢٦ أمام حلقات التماس ، كما فى المحركات AK و AK2 ، وانما يقع خلفها ، اى أن حلقات التماس وضعت داخل المحرك .

ويبين الشكل ٢٩ ، ب منظرا عاما لمحرك الروافع MTK ، الحاوى على عضو دوار بهيئة قفص السنجاب . وهو من حيث التركيب مشابه للمحرك MT ، الا انه لا يحتوى على حلقات تماس . والمحرك المبين على الشكل هو من القياس الاول ، وهو لا يحتوى على اغطية داخلية للمدارج ، وذلك لانه تم هنا استخدام مدارج ، ذات فلكة حماية ٢٧ .

وقد حظيت المحركات الكهربائية اللاامتزامنة والفائقة التردد (غالبا ٢٠٠ و ٤٠٠ هرتز) باستخدام واسع لتحريك العدد الكهربائية (المثاقب والمناشير الكهربائية وغيرها) المستخدمة فى العديد من فروع الاقتصاد الوطنى : فى البناء وتحضير الاخشاب والزراعة وغيرها . وهذه المحركات ذات قدرة صغيرة (أقل من ٣ كيلوواط) وابعادها صغيرة وكتلتها لا تزيد عن ٧ كغ ، الا انها سريعة الدوران (٦٠٠٠ ، ١٢٠٠٠ ، وحتى ٢٤٠٠٠ دورة/دقيقة) ، وعضوها الدوار على هيئة قفص السنجاب ، وهى تدخل عادة ضمن تركيب العدد الكهربائية ولها تصمم مغلق ومبرّد بالنفخ .

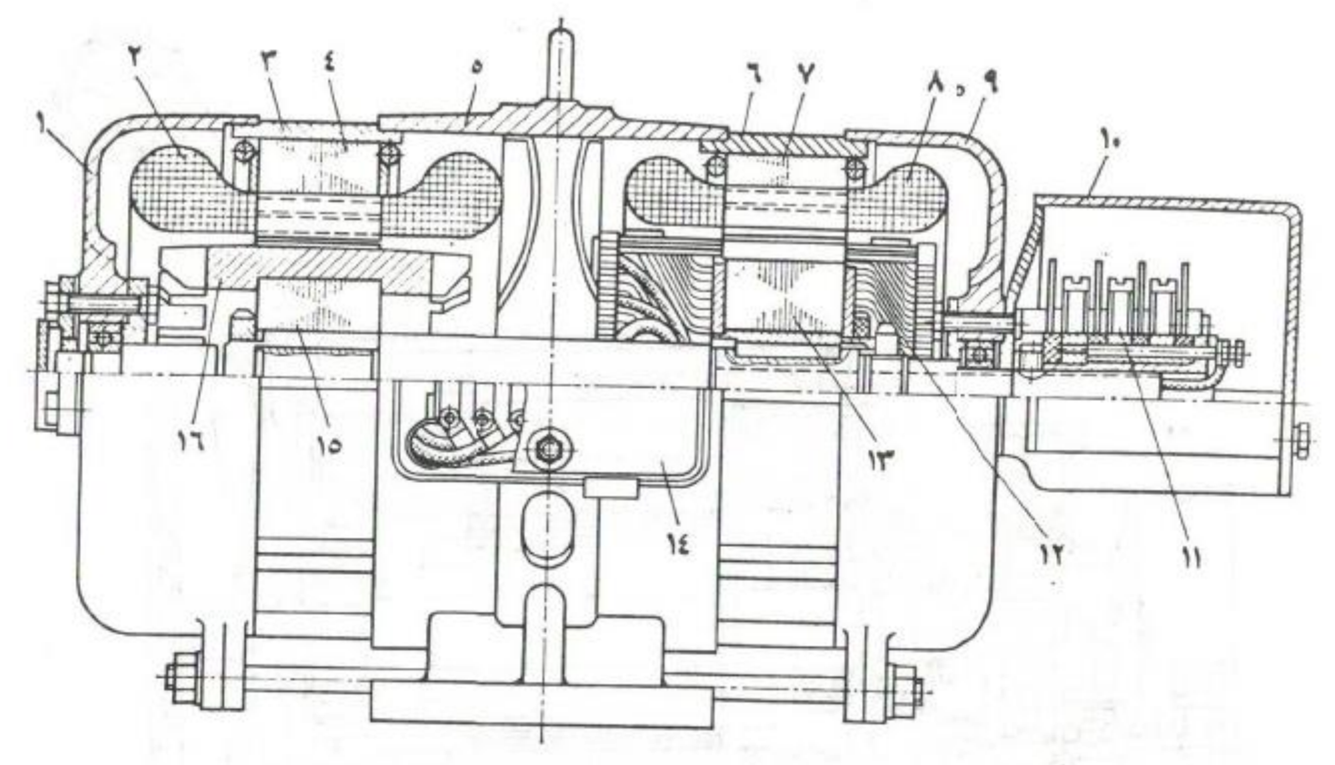
تنتج الصناعة محركات كهربائية فائقة التردد من أجل العدد الكهربائية ، بحيث تعمل بالفلطيات التالية : ٣٦ ، ٤٢ ، ١٢٧ ، ٢٠٠ فولط . ويبين الشكل ٣٠ مقطعا لمحرك كهربائى فائق التردد (٢٠٠ هرتز) من اجل المنشار الكهربائى السلسلى النقال . واستطاعته المقدرة ١,٧ كيلوواط وعدد دوراته ١٢٠٠٠ دورة/دقيقة ، وكتلته ٥,٥ كغ .

وهذه المحركات تتمتع بالخصائص البنيوية التالية : استخدام صفائح أرق من الفولاذ الكهربائى العالى الجودة (بسماكة ٠,٣٥ و ٠,٢٥ مم) من



الشكل ٣٠ – محرك كهربائى لامتزامن عالى التردد (٢٠٠ هرتز) لتحريك المنشار الكهربائى : ١ – ملف العضو الساكن ، ٢ – هيكل العضو الساكن ، ٣ – قلب العضو الساكن ، ٤ – قلب العضو الدوار المزود بملف مقصر الدائرة (قفص السنجاب) ، ٥ – عمود الدوران ، ٦ – قبضة المنشار الكهربائى المثبتة على غطاء المروحة ، ٧ – مروحة من النمط الروايشى ، ٨ – غطاء المحول ، ٩ – غطاء المدرجة الخلفية ، ١٠ – غطاء المدرجة الامامية المنطبق على جسم المخفض ، ١١ – الترس المقاد فى المخفض (طرف عمود الدورات د عبارة عن الترس القائد ، حيث تم فرز الاسنان عليه) ، ١٢ – النجمة القائدة لجنزير المنشار ، ١٣ – مزيتة المخفض

اجل الموصلات المغناطيسية ، وذلك بهدف انقاص فقدان الطاقة فى الموصل المغناطيسى عند التردد العالى ؛ واستخدام عوازل متينة وصامدة ضد الرطوبة والاحماء (من الصنف E و B) لعزل ملف العضو الساكن ١ ، لأن أمن العامل يتعلق بجودة العازل ؛ واستخدام سبائك المغنيزيوم والالومنيوم الخفيفة من اجل الهياكل ٢ واغطية المدارج ٩ و ١٠ ، وكذلك من اجل الاجزاء البنيوية الأخرى ؛ تطابق الوظائف للعديد من الوحدات

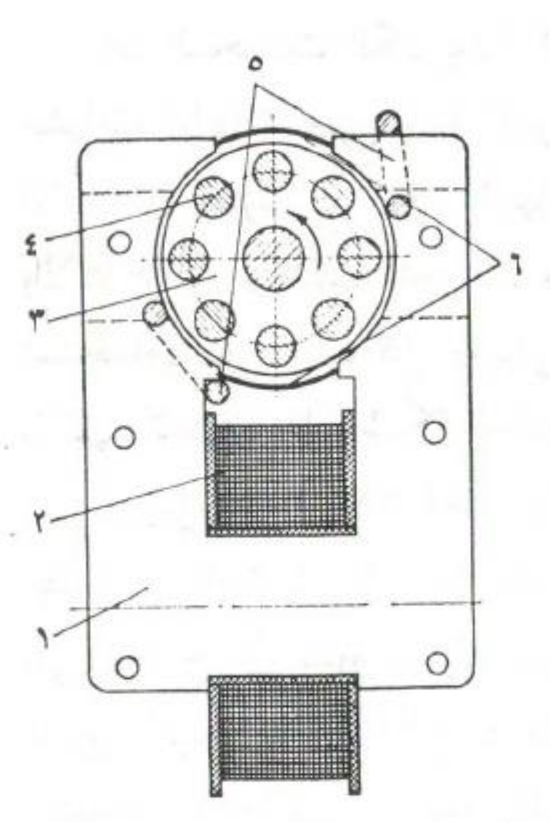


الشكل ٣١ – مجموعة تحويل التردد اللامتزامنة من الطراز И-75 :
١ – غطاء المدرجة من جهة المحرك ، ٢ – ملف العضو الساكن لمحرك التدوير ، ٣ – هيكل العضو الساكن فى المحرك ، ٤ – قلب العضو الساكن فى المحرك ، ٥ – الهيكل الذى يربط المحرك مع المولد ، ٦ – هيكل العضو الساكن للمولد ، ٧ – قلب العضو الساكن للمولد ، ٨ – ملف العضو الساكن للمولد ، ٩ – غطاء المدرجة من جهة المولد ، ١٠ – غطاء حلقات التماس للمولد ، ١١ – حلقة التماس للمولد ، ١٢ – ملف (طورى) للعضو الدوار للمولد ، ١٣ – قلب العضو الدوار للمولد ، ١٤ – علبة المآخذ ، ١٥ – قلب العضو الدوار للمحرك ، ١٦ – ملف (مقصر الدائرة) للعضو الدوار للمحرك

والاجزاء فى المحرك (مثلا ، غطاء المدرجة الامامية ١٠ يكون فى نفس الوقت هيكلا للمخفض ، والطرف العامل للعمود ٥ يستخدم بمثابة المسنن القائد ، والغطاء ٨ للمروحة ٧ يستخدم لتركيب المقبض ٦ ، وغير ذلك) .

غالبا ما تستخدم محولات التردد اللامتزامنة (الشكل ٣١) لتغذية المعدات الكهربائية الحاوية على محركات فائقة التردد . ويتألف محول تردد التيار من ٥٠ الى ٢٠٠ هرتز مثلا من محرك كهربائى لامتزامن بقطبين وعضو دوار على هيئة قفص السنجاب ، ومن مولد هو عبارة عن مكنة كهربائية لامتزامنة بستة أقطاب ذات عضو دوار طورى . ويوجد المحرك والمولد فى هيكل مشترك ، والعضوان الدواران فى المكنتين يركبان على عمود واحد . وتوصل ملفات العضوين الساكنين فى المحرك والمولد مع شبكة ثلاثية الاطوار

ترددها ٥٠ هرتز بحيث ان المجالين المغناطيسيين المتولدين يدوران باتجاهين مختلفين. فيدور العضو الدوار للمولد، الذى يتحرك بواسطة المحرك الكهربائى الثنائى الاقطاب، بسرعة حوالى ٣٠٠٠ دورة / دقيقة، ويدور المجال المغناطيسى المتولد فى العضو الساكن للمولد فى اتجاه معاكس وبسرعة ١٠٠٠ دورة/دقيقة. وعندئذ، يتولد فى الملف الثلاثى الاطوار وذى الاقطاب الستة، للعضو الدوار الطورى فى المولد، تيار ثلاثى الاطوار تردده حوالى ٢٠٠ هرتز، يمر عبر حلقات التماس والفراشى المطبقة عليها، ليذهب الى الحمولة. ويأتى قسم من الطاقة التى يحولها المولد الكائن فى محول التردد على شكل طاقة ميكانيكية (حوالى ٣/٤)، اما القسم الباقى فيأتى مباشرة من الشبكة التى يعادل ترددها ٥٠ هرتز، عبر ملف العضو الساكن.



الشكل ٣٢ — محرك لامتزامن احادى الطور مزود بلفة مقصرة على القطب

ومن الجدير بالذكر انه فى بعض محولات التردد اللامتزامنة يكون المولد ذا تصميم «معكوس»، أى ان التيار الذى يعادل تردده ٥٠ هرتز يوصل مع ملف العضو الدوار (عبر الفراشى وحلقات التماس)، ويؤخذ من ملف العضو الساكن تيار تردده ٢٠٠ هرتز. وفى مثل هذا التصميم للمحول، يتم وصل الملفات الثلاثية الاطوار للعضو الساكن فى المحرك وللعضو الدوار فى المولد، مع الشبكة التى يعادل ترددها ٥٠ هرتز، بحيث ينطبق اتجاه دوران المجالين المغناطيسيين المتولدين عنهما. ويستخدم التصميم المعكوس عادة فى المحولات التى تغذى الشبكة الفائقة التردد (٢٠٠ هرتز)، والتى تعادل فلطيتها ٣٦ و ٤٢ فولط، وذلك لأن مثل هذا التصميم يسمح بانقاص التيار المار عبر الفراشى وحلقات التماس.

ان المحركات الكهربائية اللامتزامنة أحادية الطور ، وبقدرة تتراوح من عشرات الواطات حتى عدة كيلوواطات ، حظيت باستخدام واسع فى مختلف الادوات المنزلية ، وفى اجهزة تحريك المراوح ذات الاهداف المنزلية والانتاجية ، وكذلك لتحريك مكنات التشغيل الصغيرة . وميزتها هى امكانية استخدامها فى الاماكن والمبانى التى لا تتوفر فيها شبكة ثلاثية الاطوار ، ولكنها تحتوى على شبكة احادية الطور بسلكين .

ويبين الشكل ٣٢ احد انواع المحركات الكهربائية اللامتزامنة والاحادية الطور ، الحاوية على لفة مقصرة على القطب : وهو يستخدم فى الأجهزة التى تحتاج الى قدرة ضئيلة نسبيا (عشرات الواطات) ، ولا تحتاج الى عزوم تدوير كبيرة عند الاقلاع ، مثلا فى اجهزة تحريك المراوح الصغيرة واجهزة التسجيل والحاكى ، وما شابه ذلك .

ويكون العضو الساكن للمحرك عبارة عن مغناطيس كهربائى على هيئة نعل الفرس ، قلبه الحديدى ١ مصفوف من صفائح من الفولاذ الكهربائى ، ثم قصها بالمكبس ، اما الملف ٢ فهو مصنوع على شكل وشيعة من سلك معزول ، ويحتوى العضو الدوار المقصر ٣ على مجار توضع فيها قضبان ٤ نحاسية غير معزولة ، تلحم من الاطراف مع حلقات التقصير النحاسية . وقد تم تخريم ثقوب فى النهايات القطبية ، تدخل فيها اللفات المقصرة ٥ ، المصنوعة من السلك النحاسى ، والتى تحيط بثلث القوس القطبى تقريبا .

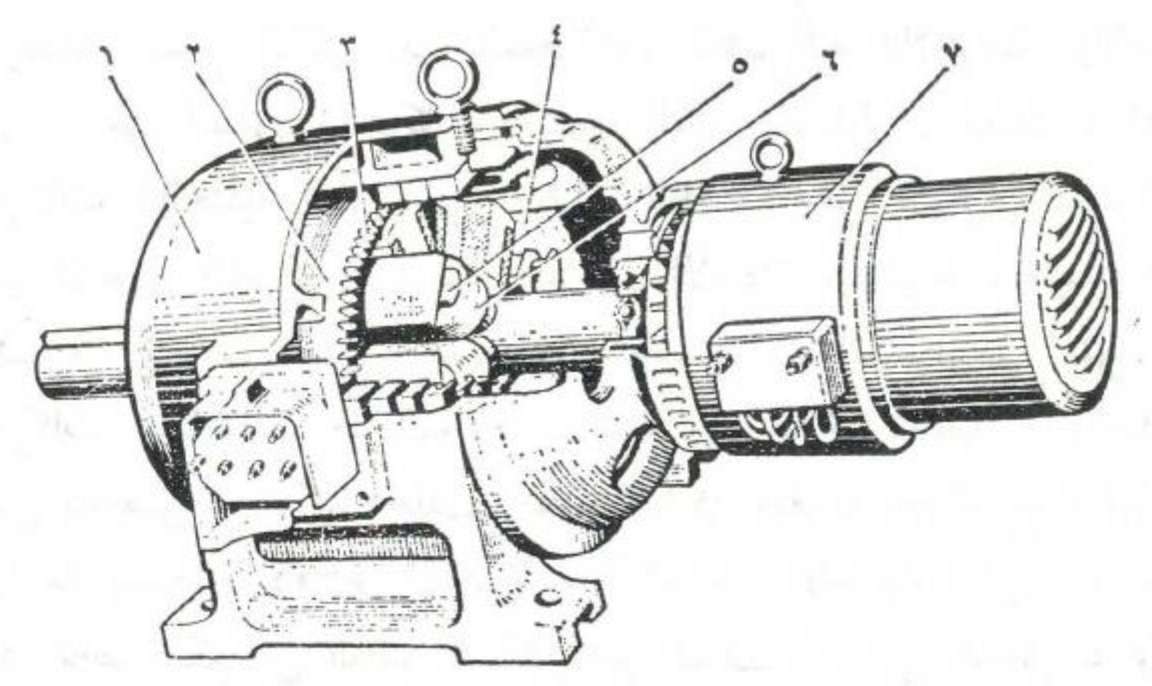
عند تشغيل المحرك يعمل جزء من التدفق المغناطيسى فى القطب ، ذلك الجزء المحاط باللفة المقصرة ، على تحريض التيار الكهربائى فى اللفة . ونتيجة لذلك يحصل انحراف فى الطور (فرق الصفحة) بزاوية ما بين ذلك الجزء من الدفق المغناطيسى الذى يمر باللفة المقصرة وبين الجزء الباقى للدفق المغناطيسى للطرف القطبى . وهذا يكفى لكى يبدأ العضو الدوار بالدوران . وتوضع صفائح ٦ فولاذية رقيقة بين اطراف الاقطاب وذلك بهدف زيادة عزم التدوير . اما الملف الاحادى الطور فى العضو الساكن للمحرك قيد البحث ، فعبارة عن وشيعة ملفوفة على اسطوانة عازلة ، وتركيب مثل هذا الملف بسيط للغاية ، ولا يحتاج الى شروح خاصة .

يصنع القسم الاكبر من المحركات الكهربائية اللامتزامنة والاحادية الطور ، على اساس المحركات القياسية الثلاثية الاطوار . فمثلا ، تصنع المحركات الاحادية الطور من الطراز ABE ، على اساس المحركات الثلاثية الاطوار AB التى تركب فى داخل الأجهزة ، وغيرها . وليس هناك خلاف فى تصميم القسم الميكانيكى والموصلات المغناطيسية لمثل هذه المحركات ، بالمقارنة مع المحركات اللامتزامنة الثلاثية الاطوار . والخلاف الرئيسى ينحصر فى تركيب ملف العضو الساكن وتنفيذه ووصله مع الشبكة . وغالبا ما يستخدم لاقلاع المحركات اللامتزامنة الاحادية الطور ، ملف اقلاع خاص يقع فى العضو الساكن مع الملف الاساسى العامل ، ولكنه ينحرف بزاوية ما بالنسبة له . وفى معظم الحالات يوصل ملف الاقلاع مع الشبكة عبر مكثف ، وينفصل بعد الاقلاع وتعجيل المحرك . وفى العديد من المحركات يكون كلا الملفان عاملين ، يبقيان موصولين خلال كل فترة العمل للمحرك : يوصل احد الملفين مباشرة مع الشبكة ، بينما يوصل الثانى بواسطة المكثف . وفى العديد من المحركات اللامتزامنة والاحادية الطور ، يوصل مكثف (للاقلاع) اضافى ، خلال فترة الاقلاع ، فى دائرة الملف الموصول مع الشبكة عبر المكثف .

البند ٩ — المكنات المتزامنة

تستخدم المكنات المتزامنة فى الوقت الحاضر كمولدات للتيار الثلاثى الاطوار اكثر من غيرها . والمولدات المتزامنة تصنع بقدرة تتراوح بين مئات الآلاف وحتى المليون من الكيلواطات للعمل فى المحطات التوربينية البخارية والكهرمائية وبين عدة كيلواطات فى الاجهزة النقالة التى تعمل بمحركات الاحتراق الداخلى .

وقد حظيت كذلك المحركات الكهربائية المتزامنة باستخدام واسع ، بالرغم من أنها تكون عادة فى القدرات التى تصل حتى عدة مئات كيلوواط ، اعقد واثقل واغلى ثمنا من المحركات اللامتزامنة . ويعود السبب الرئيسى للاستخدام الواسع للمحركات المتزامنة ، لكونها قادرة على اعطاء الشبكة



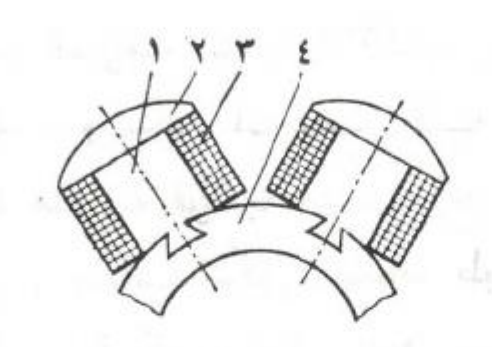
الشكل ٣٣ – مولد متزامن ثلاثى الاطوار (مولد ديزلى) :
١ - هيكل العضو الساكن ، ٢ – قلب العضو الساكن ، ٣ – مجارى قلب العضو الساكن ، ٤ – ملف ثلاثى الاطوار للعضو الساكن ، ٥ – قطب العضو الدوار ، ٦ – وشيعة ملف التحريض ، ٧ – المحرض

قدرة مفاعلة . وتستخدم المحركات الكهربائية المتزامنة فى اجهزة التحريك التى لا تحتاج الى ضبط سرعة الدوران ، ولا تحتاج الى الاقلاع المتكرر والدوران العكسى ، مثل أجهزة تحريك المضخات والضواغط وما شابه ذلك .

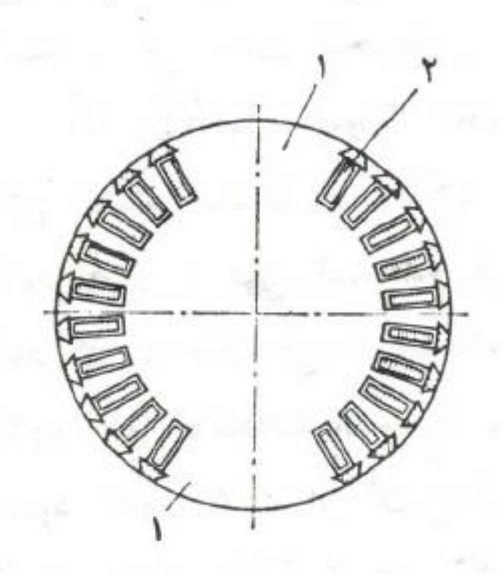
يعتمد تركيب المكنة المتزامنة بشكل رئيسى على الغاية منها وعلى طريقة التحريض (الحث) . ويبين الشكل ٣٣ مثالا على تركيب وحدة توليد الكهرباء ، وهو يتألف من القسمين الاساسيين : العضو الساكن والعضو الدوار . والعضو الساكن مشابه جدا من حيث تصميمه للعضو الساكن فى المكنة اللامتزامنة الثلاثية الاطوار ، اى انه يتألف من هيكل ١ مسكوب او ملحوم ، يوضع داخله القلب الحديدى ٢ المجمع من صفائح الفولاذ الكهربائى المصنوعة بالكبس ، ويحتوى هذا القلب على مجار ٣ طولية على السطح الداخلى ، يوضع فيها الملف ٤ الثلاثى الاطوار ، المصنوع من السلك النحاسى المعزول . ويعتبر العضو الساكن عضوا للانتاج (متحرضا) فى المكنة ، أى ذلك الجزء الذى تتحرض فيه القوة الدافعة الكهربائية الاساسية ، والذى يمر فيه التيار الاساسى للمكنة (تيار التحميل) .

ويعتبر العضو الدوار للمكنة المتزامنة محثا ، اى ذلك الجزء الذى يولد (يحرض) مجالا مغناطيسيا اساسيا . ولهذا الغرض يستخدم المغناطيس الدائم فى بعض المكنات الصغيرة والمخصصة لغايات معينة . الا أن مثل هذه الطريقة للتحريض تستخدم بشكل محدود ، لأنها تصعب عملية ضبط فلطية المكنة اثناء عملها . وتعتبر طريقة التحريض بالمغناطيس الكهربائى اوسع انتشارا . وعندئذ يكون العضو الدوار للمكنة المتزامنة عبارة عن مغناطيس كهربائى مزود بقلب فولاذى له بروزات ٥ (أقطاب) تركب عليها وشائع ملف التحريض ، التى تتغذى بتيار مستمر من مكنة خاصة هى المحث ٧

وتكون الاعضاء الدوارة للمكنات المتزامنة ذات اقطاب ظاهرة (شكل ٣٤) ، حيث يكون كل قطب على هيئة وحدة تصميمية مستقلة لها قلبها الفولاذى ونهايتها القطبية ووشيعتها ، أو تكون الاعضاء الدوارة ذات أقطاب غير



الشكل ٣٤ — عضو دوار واضح الاقطاب فى مكنة متزامنة :
١ — القلب ، ٢ — طرف قطبى ، ٣ — وشيعة قطبية ، ٤ — نير (طوق)



الشكل ٣٥ — عضو دوار غير واضح الاقطاب فى مكنة متزامنة :
١ — سن (قطب) ، ٢ — مجار

ظاهرة (الشكل ٣٥) ، ولها شكل اسطوانى ومجار طولية على السطح الخارجى ، يوضع فيها ملف التحريض .

تستخدم عادة الاعضاء الدوارة ذات الاقطاب البارزة (الشكل ٣٤) فى المكنات المتزامنة الحاوية على اربعة اقطاب او أكثر . ويتم تجميع القلب

الفولاذى ١ على شكل رزمة ، من صفائح منفصلة فولاذية سماكتها ١ — ١,٥ مم ، تضغط من الجانبين بصفائح ضاغطة سماكتها أكبر ، تمنع انفلات الرزمة . وتستخدم احيانا قلوب فولاذية مصنوعة بالسكب ، اما المقرن ٤ فى العضو الدوار ذى الاقطاب الظاهرة (البارزة) ، اى ذلك الجزء من الموصل المغناطيسى ، الذى يمر عبره الدفق المغناطيسى من قطب الى آخر ، فيمكن ان يصنع هذا المقرن بالسكب او اللحام أو ان يجمع من صفائح فولاذية سماكتها ١ — ٦ مم ، مشدودة بصبالم . وتثبت الاقطاب على المقرن اما بلوالب تمر عبر جسم القلب فى القطب ، او تكون مصممة بحيث يكون فيها تثبيت خاص ، كما هو مبين على الشكل . وتعتبر الوشيعة التى تركب على كل قطب جزءا من ملف التحريض . وتوصل وشائع الاقطاب مع بعضها ، بحيث تتناوب القطبية فى أقطاب العضو الدوار عند مرور التيار المستمر فى ملف التحريض .

أما الأعضاء الدوارة الحاوية على اقطاب غير ظاهرة (الشكل ٣٥) ، التى تتمتع بمتانة ميكانيكية عالية للقلب ، وبمتانة عالية لتثبيت ملف التحريض ، فهى تستخدم فى المكنات المتزامنة الثنائية الاقطاب والسريعة الحركة ، مثلا فى المولدات التوربينية . ويمكن ان يصنع قلب العضو الدوار ذو الاقطاب المخفية ، على هيئة مطروقة فولاذية مصمتة (مع نهايتى عمود الدوران) ، او ان ينفذ بالتجميع . وللقلب شكل اسطوانة طويلة تم تفريز مجار طولية ٢ على ثلثى سطحها . اما القسم الباقى بدون مجار من القلب الاسطوانى ، فهو يشكل إسفينين كبيرين ١ (قطبين) . ويوضع فى مجارى القلب ملف التحريض ويثبت بأسافين . وتثبت الاجزاء الجبهية من طرفى الملف بواسطة حلقات ربط تصنع عادة من فولاذ غير مغناطيسى .

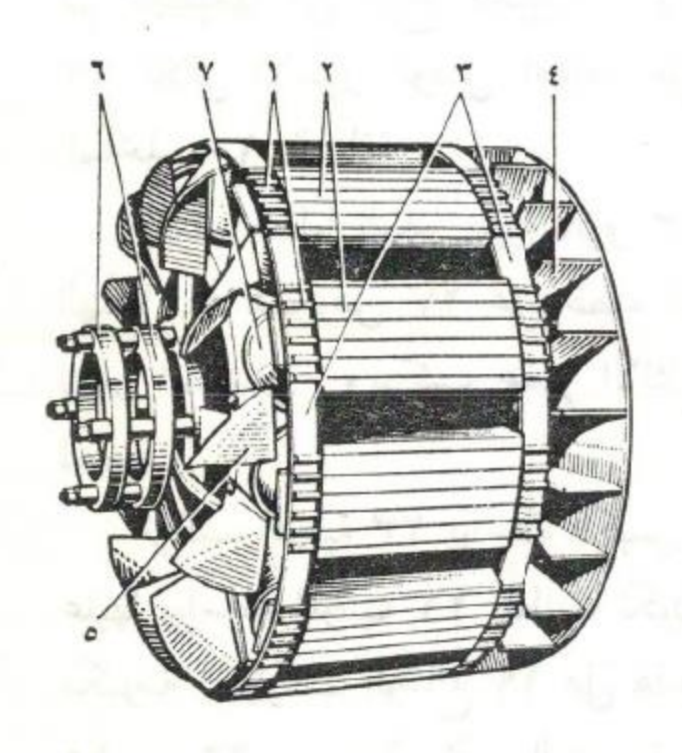
يوصل طرفا ملف التحريض فى المكنة المتزامنة مع حلقتى التماس ، اللتان تدوران مع العضو الدوار ، وهما معزولتان كهربائيا عن العمود وفيما بينهما . ويصل التيار المستمر الى ملف التحريض عبر التماس المتزلق بين الفراشى الثابتة وحلقات التماس الدوارة .

ان منبع التغذية لملف التحريض فى المكنة المتزامنة غالبا ما يكون المنبع

4—1031

الخاص للتيار المستمر الذى يسمى بالمحرض ، والذى يدار بواسطة العمود الاساسى للمكنة المتزامنة . وفى السنوات الاخيرة حظيت المكنات المتزامنة ذات التحريض الذاتى بالاستخدام الواسع ، التى تتم فيها تغذية ملف التحريض من قبل ملف عضو الانتاج (العضو الساكن) للمولد ، ولكن تستخدم المقومات الميكانيكية والايونية والنصف ناقلة لتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر .

لدى معظم المحركات الكهربائية المتزامنة المحسوبة على الاقلاع اللاامتزامن ، تحتوى الاعضاء الدوارة ذات الاقطاب الظاهرة على ملف اضافى مقصر ، وضعت قلوبه فى مجارى الاطراف القطبية ، وتوصل اطراف القلوب من الجانبين بحلقات التقصير (الشكل ٣٦) .



الشكل ٣٦ — عضو دوار (بدون عمود) لمحرك متزامن ثلاثى الاطوار مزود بملف اقلاع من اجل الاقلاع اللاتزامنى : ١ — قلوب ملف الاقلاع ، ٢ — مجار فى الاطراف القطبية توضع فيها قلوب ملف الاقلاع ، ٣ — حلقات تقصير الدائرة لملف الاقلاع ، ٤ و ٥ — ريش المروحة ، ٦ — حلقات التماس ، ٧ — وشيعة قطبية فى ملف التحريض

فى المكنات المتزامنة ، ذات المحاور الطويلة ، يقسم قلب العضو الساكن الى عدة رزم تترك بينها أقنية التهوية ، التى تساهم فى زيادة التبريد .

تستخدم احيانا المكنات المتزامنة ذات التصميم المعكوس ، التى يكون المحرض فيها هو العضو الساكن ، حيث تتواجد اقطاب وملف التحريض ، اما عضو الانتاج فيها فهو العضو الدوار الذى يتواجد فى مجاريه ملف ثلاثى الاطوار الموصول مع الشبكة عبر الفراشى وحلقات التماس الثلاث . وتستخدم

أيضا بعض التصاميم الخاصة الاخرى للمولدات والمحركات الكهربائية المتزامنة .

يحتاج اصلاح الملفات للمكنات المتزامنة الكبيرة الحجم ، الى معدات خاصة ، ونادرا ما تنفذ فى الورشات الكهربائية العادية للمؤسسات الصناعية . وفى هذه الورشات تصلح عادة المكنات التى تتراوح قدرتها من ١ حتى ١٠٠ كيلوواط ، وفيما يلى سنبين بعض تصاميمها النموذجية .

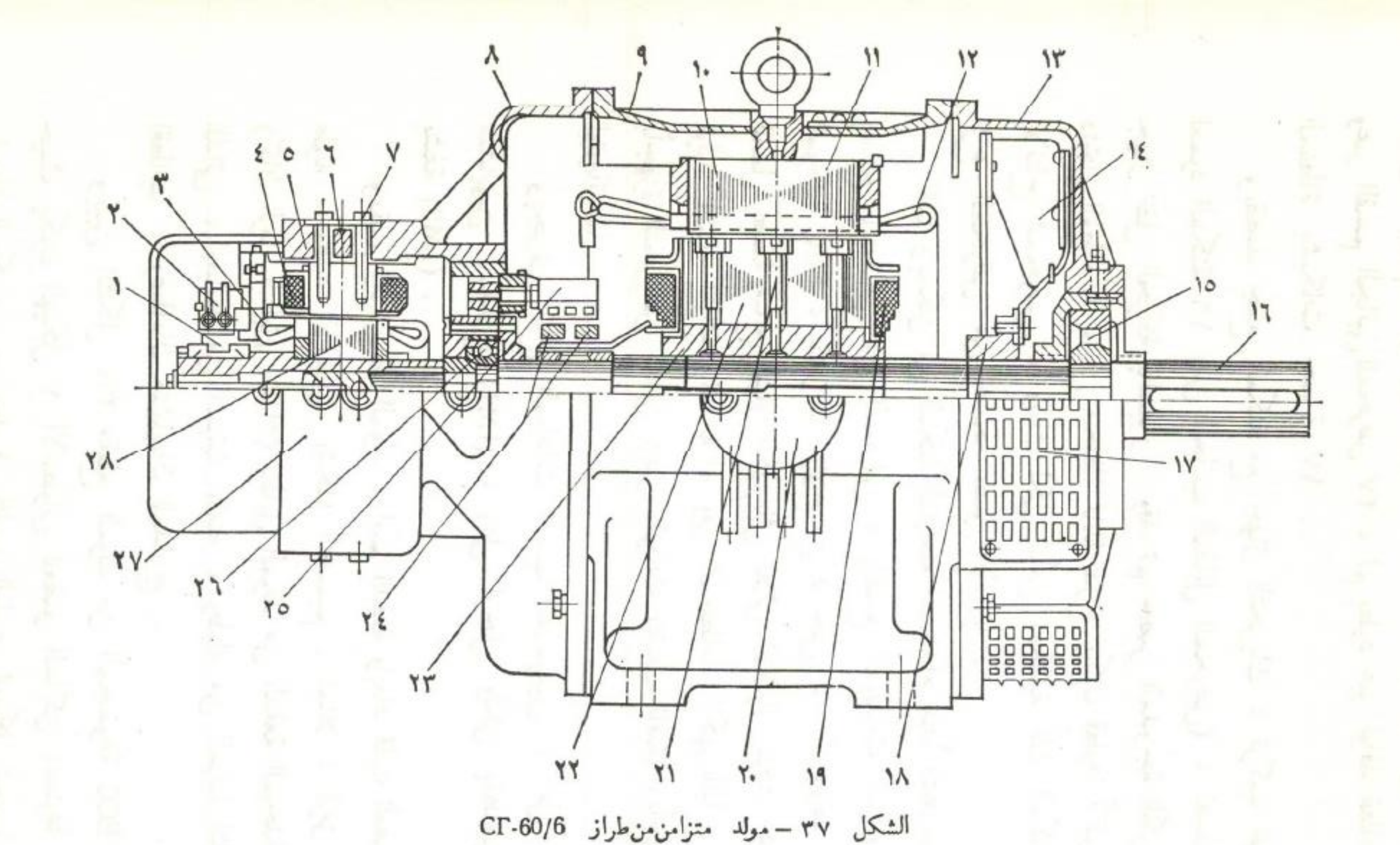
تصنع المكنات المتزامنة من الدفعة СГ (الشكل ٣٧) بقدرة تتراوح من ١٥ حتى ٦٠ كيلوواط ، وتستخدم كمولدات أو محركات كهربائية . ويصنع هيكل المكنة ٩ بطريقة السكب ، وهو يحتوى على الأضلاع ١١ ، التى يثبت بواسطتها قلب العضو الساكن ١٠ ؛ الذى يكون على شكل رزمة تم تجميعها من الواح مكبوسة . ويوضع فى مجارى العضو الساكن ملف ١٢ ثلاثى الاطوار توصل اطرافه على لوحة المآخذ ، الموجودة فى علبة المآخذ ٢٠ المغلقة .

يثبت غطاءا المدرجتين ٨ و ١٣ على الهيكل بواسطة اللوالب . ويثبت الهيكل ٥ للمحرض ٢٧ على غطاء المدرجة ٨ ، والمحرض عبارة عن مولد للتيار المستمر . ويركب عضو الانتاج للمحرض مباشرة على الطرف الكابولى للعمود .

تركب الجلبة ٢٣ بواسطة الكبس ، على العمود ١٦ للعضو الدوار ، وتثبت عليها بواسطة اللوالب ٢١ أقطاب تكون قلوبها ٢٢ مجمعة من صفائح فولاذية مكبوسة ، وتركب الوشائع ١٩ على هذه القلوب . ويدور العمود على المدرجتين ١٥ و ٢٦ ، حيث تقع المدرجة ٢٦ من جهة المحرض وتكون مدرجة كروية ، والمدرجة ١٥ تقع من جهة جهاز التحريك وتكون مدرجة بلحية .

يتم سحب التيار المستمر من المجمع ١ للمحرض بواسطة الفراشى ٢ ، ويذهب بسلكين الى الفراشى ٢٥ لحلقات التماس ٢٤ ، ومنها الى ملف التحريض ١٩ ، الموجود على العضو الدوار للمكنة المتزامنة .

تتألف المروحة ١٤ من جزء مصنوع بالكبس ، على هيئة كأس ، وريشات مثبتة عليه . وتثبت المروحة بواسطة اللوالب على الجلبة ١٨ المركبة على



الشكل ٣٧ – مولد متزامن من طراز СГ-60/6

١ – موحد ، ٢ – حوامل الفراشي وفراشي المحرض ، ٣ – ملف عضو الانتاج للمحرض ، ٤ – ملف تحريض المحرض ، ٥ – هيكل المحرض ، ٦ – قلب القطب للمحرض ، ٧ – لوالب ، ٨ و ١٣ – اغطية المدارج ، ٩ – هيكل العضو الساكن للمولد المتزامن ، ١٠ – قلب العضو الساكن للمولد المتزامن ، ١١ – ضلع هيكل العضو الساكن، ١٢ – ملف ثلاثي الاطوار للعضو الساكن في المولد المتزامن ، ١٤ – مروحة ، ١٥ – مدرجة بلحية ، ١٦ – عمود ، ١٧ – شبكة واقية ، ١٨ – جلبة تثبيت المروحة، ١٩ – وشيعة ملف التحريض في المولد المتزامن ، ٢٠ – علبة المآخذ ، ٢١ – برغي التثبيت لقطب العضو الدوار في المولد ، ٢٢ – قلب القطب في العضو الدوار للمولد، ٢٣ – جلبة لتثبيت اقطاب العضو الدوار (طوق) ، ٢٤ – حلقات التماس ، ٢٥ – حوامل الفراشي وفراشي حلقات التماس ، ٢٦ – مدرجة كروية ، ٢٧ – المحرض ، ٢٨ – قلب عضو الانتاج للمحرض

العمود . ويتم مص هواء التبريد عبر النوافذ الموجودة فى غطاء المدرجة ٨ ، وعبر القسم الجانبى للمحرض ٢٧ ، ثم يطرد عبر نوافذ غطاء المدرجة ١٣ ، المغطاة بشبكات حماية ١٧ .

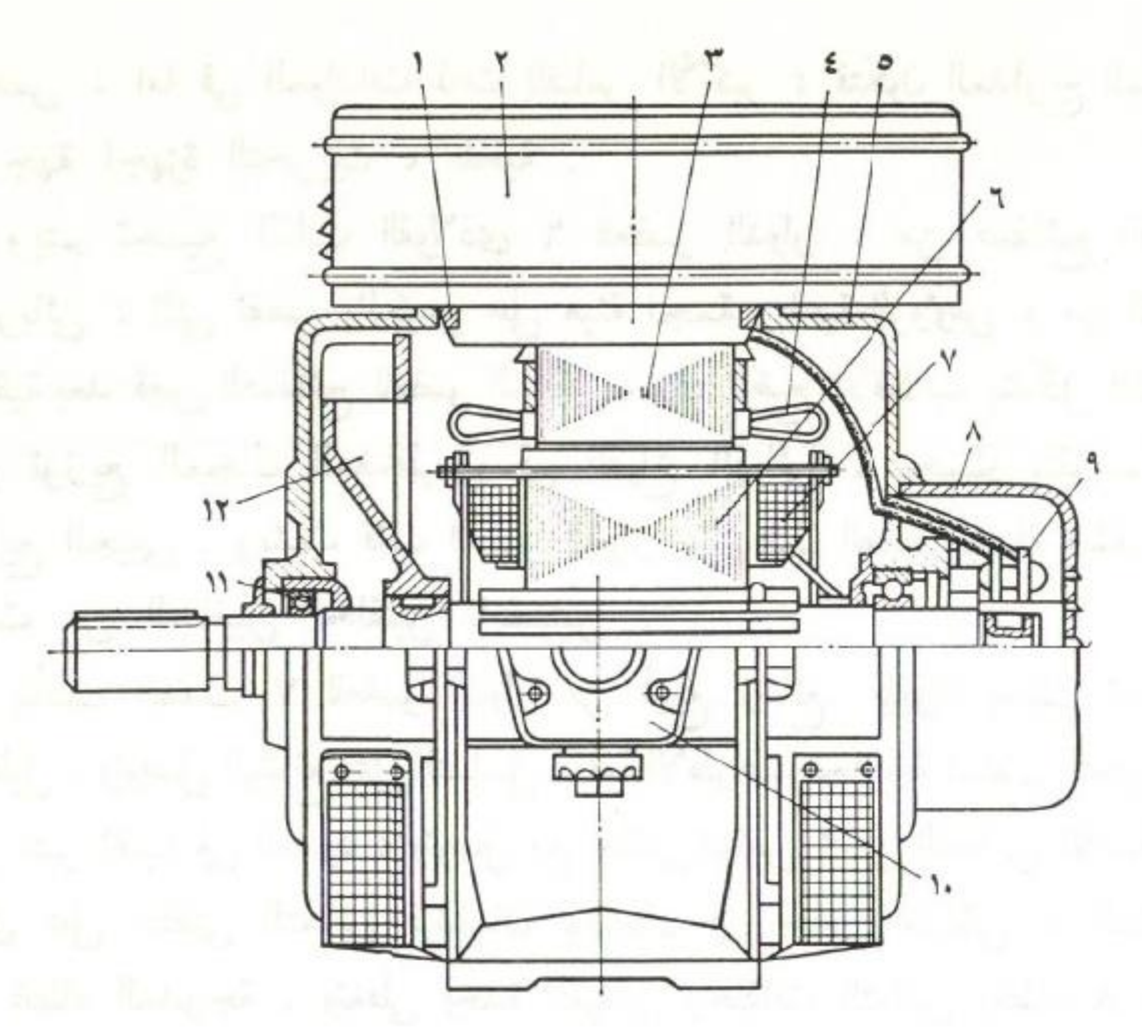
وبقصد جمع المكنة مع جهاز التحريك ، تركب على الطرف البارز لعمود المكنة ١٦ (من الجانب المقابل للمحرض) ، نصف قارنة او بكرة جهاز نقل الحركة بالسيور . وقد تم حصر المدرجة الكروية ٢٦ المركبة داخل الغطاء ٨ ، فى محفظة قابلة للنزع يكون قطرها أكبر من قطر عضو الانتاج للمحرض ، وذلك لكى تتأمن امكانية فلك المكنة وتركيبها بدون نزع المحرض من عمود عضو الانتاج .

كما ويمكن فى المكنة المتزامنة استخدام مبدأ التحريض الذاتى ، مما يسمح بالتخلص من المحرض ، وتصنع المولدات المتزامنة حسب الدفعة الموحدة ECC ، بقدرات تتراوح من ٥ حتى ٧٥ كيلوواط ، وهى مخصصة للعمل بصفة منابع التيار الكهربائى ثلاثى الاطوار بتردد ٥٠ هرتز فى اجهزة توليد التيار الثابتة والنقالة ، وفى المحطات الكهربائية . وتزود المولدات بأجهزة التحريض الذاتى (عبر مقومات نصف ناقلة) وبأجهزة ضبط الفلطية اوتوماتيكيا .

ويجرى انتاج المولدات حسب تصميمين : على ارجل وبغطاءين متشابهين للمدارج (1M1) ، وعلى ارجل ولكن بغطاءين احدهما مزود بشفة (1M2) .

ويضم رمز نمط المولد ، اسم الدفعة وابعاد قلب العضو الساكن ومرتبة طوله ، وعدد الاقطاب وشكل التصميم . فمثلا ، الرمز ECC-82-4-1M1 (كان الرمز السابق M101) يطابق المولد من الدفعة الموحدة ذات التحريض الذاتى ، وقياسه من المرتبة الثامنة ، وطوله من المرتبة الثانية ، وله اربعة اقطاب ، وغطاءان متشابهان للمدارج .

ويبين الشكل ٣٨ مقطع المولد من المجموعة ECC والطراز 1M1 ، حيث يكون الهيكل ١ الاسطوانى للعضو الساكن مصنوعا من حديد الزهر بواسطة السكب . ويوجد فى القسم العلوى للهيكل تجويف ، تركب فوقه



الشكل ٣٨ – مولد متزامن من طراز ECC ومن التصميم IM1 :
١ – هيكل العضو الساكن ، ٢ – علبة المقومات السيلنيومية واجهزة الضبط الاوتوماتى للفلطية ، ٣ – قلب العضو الساكن ، ٤ – ملف العضو الساكن ، ٥ – غطاء المدرجة ، ٦ – قلب العضو الدوار ، ٧ – ملف العضو الدوار ، ٨ – غطاء ، ٩ – وحدة حلقات التماس ، ١٠ – علبة المآخذ ، ١١ – مدرجة ، ١٢ – مروحة

علبة ٢ توضع فى داخلها مقومات سيلينيومية ، وأجهزة الضبط الاوتوماتى للفلطية .

ان القلب الفولاذى ٣ للعضو الساكن ، المجمع من الصفائح ، والمركب بواسطة الضغط داخل الهيكل ١ ، يحتوى على مجار يوضع فى داخلها ملف ثلاثى الاطوار ٤ ، يوصل بموجب مخطط «نجمة مع الخط الصفرى» . وتزود اغطية المدارج ٥ ، المصنوعة من حديد الزهر بطريقة السكب ، بنوافذ فى اقسامها السفلية لمرور الهواء تغطى بشبكات حماية ، مصنوعة بالتخريم من الفولاذ الصفائحى . وتركب المدارج ١١ فى حفرات أغطيتها . وتكون المدارج من الطرفين كروية فى المولدات من القياس

الخامس ، اما فى المولدات ذات القياس الأكبر ، فتكون المدارج المركبة من جهة اجهزة التحريك ، بلحية .

ويتم تجميع القلب الفولاذى ٦ للعضو الدوار ، من صفائح الفولاذ الكهربائى ، التى تقص بالكبس على هيئة نجمة رباعية الرؤوس ، من القطع المتبقية بعد قص الصفائح للعضو الساكن . وان توضع الاقطاب بشكل المشط يؤمن توزيع المجال المغناطيسى فى الفراغ الهوائى ، بحيث يتقارب من التوزيع الجيبى . ويثبت قلب العضو الدوار على طول العمود بوصلة مشقبية ؛ ويثبت من الجانبين بحلقتين نابضيتين .

يتألف الملف ٧ للعضو الدوار من أربع وشائع ملفوفة بسلك نحاسى مستطيل . وتوصل الوشائع على التسلسل ، اما الأطراف الخارجة لملف التحريض فتمر عبر ثقب فى العمود ، وتوصل مع حلقتى تماس ٩ من النحاس الاصفر . وتنزلق على حلقتى التماس فرشايتان توضعان فى حاملى الفراشى ، المثبتين على غطاء المدرجة . وتغطى وحدة الفراشى وحلقات التماس بغطاء ٨ مزود بمصاريع وثقوب لمرور هواء التبريد .

يمر التيار المستمر الى ملف التحريض (عبر حلقات التماس والفراشى) ، من المقومات السيلينيومية التى تتغذى من ملف العضو الساكن للمولد من خلال محولات استقرار خاصة رباعية الملفات .

ولتبريد المولد تستخدم المروحة النابذة ١٢ ، المركبة على عموده ، حيث يسحب الهواء من جهة حلقات التماس ويطرد من جهة جهاز التحريك .

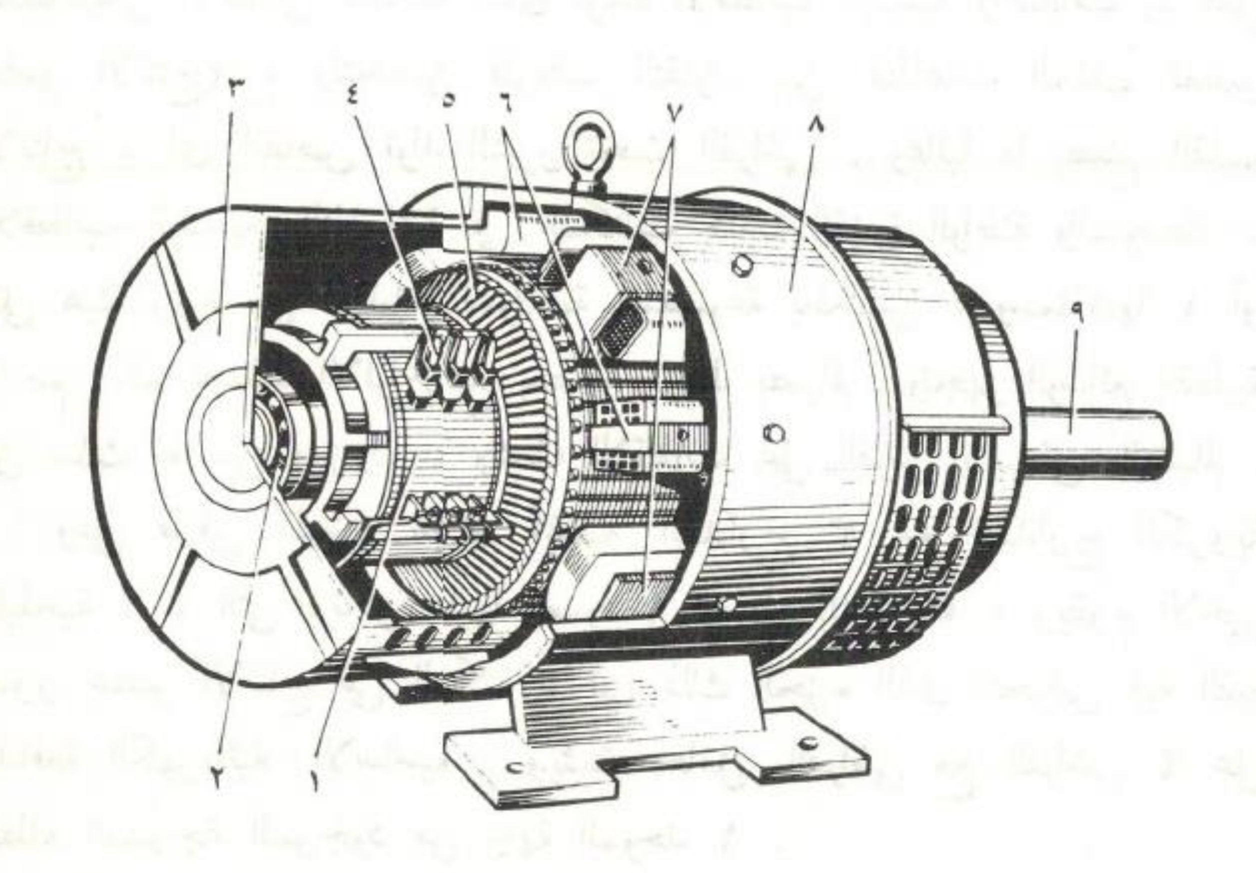
البند ١٠ ــ المكنات ذات المبدل

لقد حظيت المكنات ذات المبدل (الموحد أو المجمع) ، والتى تعمل بالتيار المستمر بأوسع انتشار ، فهى تستخدم بصفة محركات كهربائية وبصفة مولدات ايضا .

تسمح المحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر ، بالتغيير السلس لعدد الدورات فى حدود واسعة ، كما وتشكل عزوم اقلاع كبيرة ، وهذا

مهم جدا لوسائط النقل الكهربائية ولمختلف تجهيزات الرفع وللعديد من المكنات المستخدمة فى صناعة التعدين . وقد عملت هذه الخواص على توسيع استخدام المحركات الكهربائية التى تعمل بالتيار المستمر فى العديد من فروع الاقتصاد الوطنى ، بالرغم من أن وجود الملف المعقد لعضو الانتاج والموحد وتجهيزة الفراشى ، كل ذلك يجعل المكنات العاملة بالتيار المستمر اغلى ثمنا واقل ضمانة من المكنات الخالية من الموحد والعاملة بالتيار المتناوب . هذا ، بالاضافة الى أن استخدام المحركات العاملة بالتيار المستمر مرتبط غالبا بضرورة تحويل التيار المتناوب الذى تعطيه الشبكة ، الى تيار مستمر .

وتستخدم مولدات التيار المستمر لتغذية المحركات الكهربائية وشحن المدخرات واللحام الكهربائى للمعادن ، وكذلك تستخدم بصفة محرضات للمكنات المتزامنة .



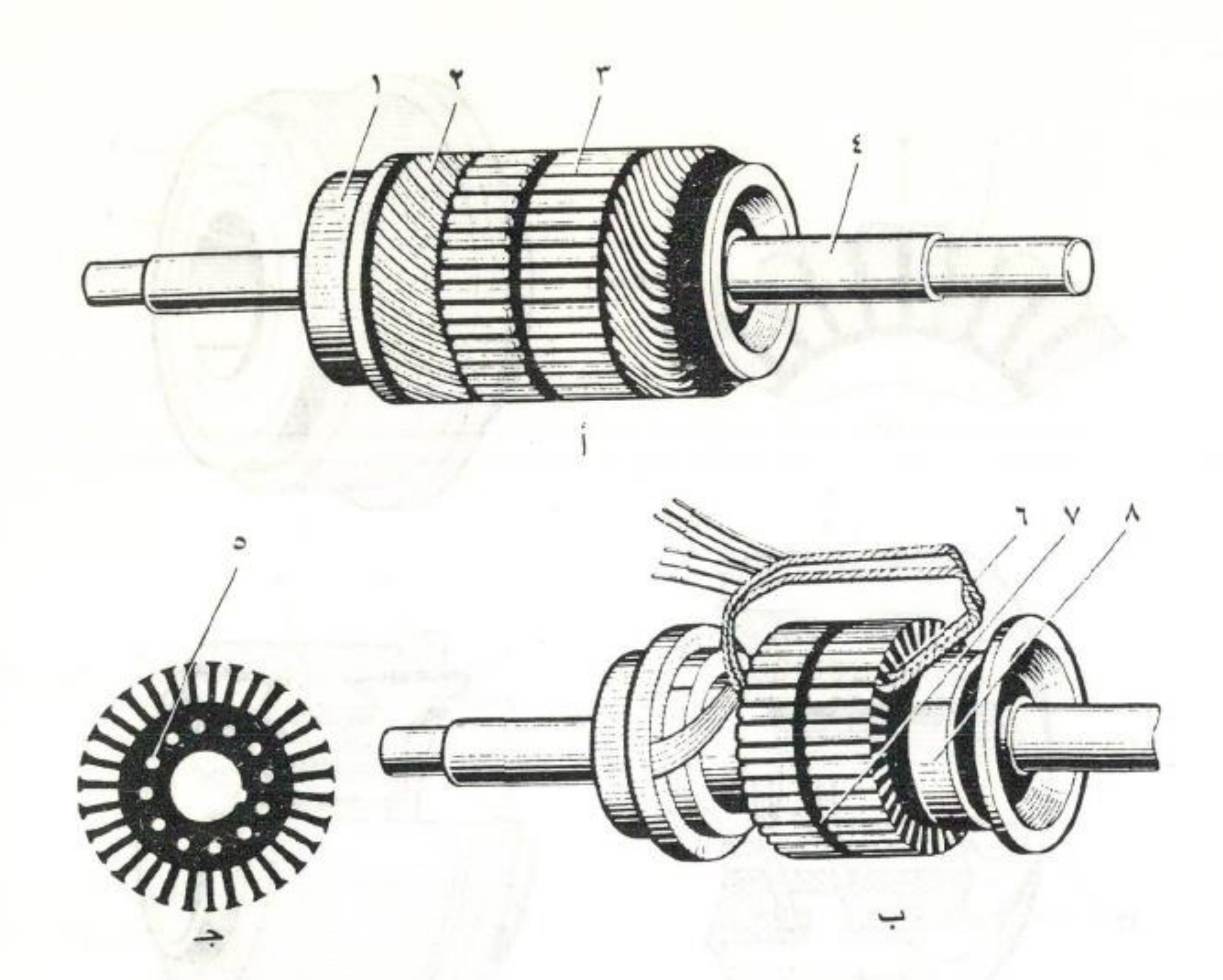
الشكل ٣٩ – تركيب المكنة العاملة بالتيار المستمر :
١ – موحد ، ٢ – مدرجة ، ٣ – غطاء المدرجة ، ٤ – حوامل الفراشى مع الفراشى ، ٥ – عضو الانتاج ، ٦ – اقطاب اضافية ، ٧ – اقطاب رئيسية ، ٨ – فرش ، ٩ – عمود

ويبين الشكل ٣٩ تركيب مكنة نموذجية ذات موحد ، تعمل بالتيار المستمر . وتتألف هذه المكنة من العضو الساكن والعضو الدوار ، يفصل بينهما خلوص هوائى . فالعضو الساكن هو هيكل المكنة ، والمحرض فى نفس الوقت ، اى يولد مجالا مغناطيسيا اساسيا ، كما انه يعتبر جزءا من الموصل المغناطيسى . ويصنع الفرش الاسطوانى ٨ للعضو الساكن من الفولاذ الذى يتمتع بمتانة ميكانيكية كافية ، ونفاذية مغناطيسية . ويكون الفرش اما مسكوبا او مصنوعا من صفيح فولاذى سميك ، يلف بشكل اسطوانة ثم يلحم .

وتثبت الاقطاب الاساسية ٧ على السطح الداخلى للفرش ، وهى تولد مجالا مغناطيسيا أساسيا للمكنة ، اما وشائع تلك الاقطاب فتشكل ملف التحريض . وتتواجد الاقطاب الاضافية ٦ مع وشائعها بين الاقطاب الاساسية ، وهى مخصصة لاضعاف تأثير المجال المغناطيسى لعضو الانتاج على المجال المغناطيسى الاساسى للمكنة الذى تولده الأقطاب الرئيسية (اضعاف رد فعل عضو الانتاج) ، ولتحسين ظروف التقارن بين قطاعات الملف لعضو الانتاج ، اى انقاص تولد الشرر تحت الفراشى . وغالبا ما يصنع القلب للاقطاب الرئيسية والاضافية فى المكنات ذات القدرة الواطئة والمتوسطة ، على هيئة رزم من الالواح الفولاذية المصنوعة بالكبس ، وسماكتها ١ أو ٢ مم . ثم تضغط الالواح مع بعضها وتربط بصبالم . وتجهز الوشائع القطبية من سلك نحاسى معزول ، وتثبت الاقطاب على الفرش بالبراغى والصبالم .

وعلى طرفى الفرش تثبت أغطية المدارج ٣ مع المدارج الكروية والبلحية ٢ ، التى يرتكز عليها العمود ٩ للعضو الدوار ٥ ، ويقوم الاخير بدور عضو الانتاج فى المكنة ، اى ذلك الجزء الذى تتحرض فيه القوة الدافعة الكهربائية الاساسية . ويثبت حامل الفراشى مع الفراشى ٤ على غطاء المدرجة الموجود من جهة الموحد ١ .

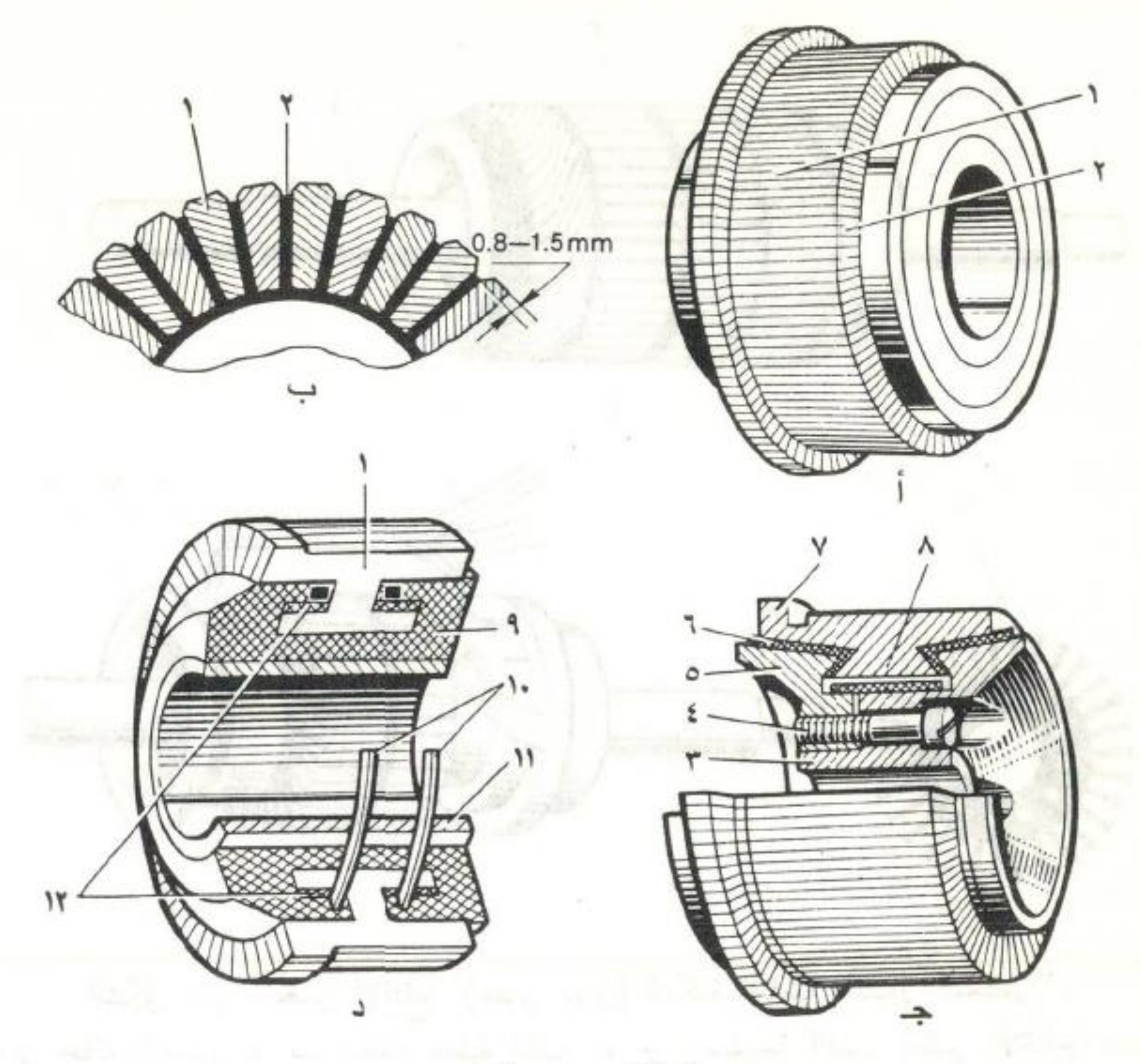
يتألف العضو الدوار (عضو الانتاج) المبين على الشكل ٤٠ ، من العمود ٤ والقلب ٣ والملف٢ والموحد ١ . والقلب هو عبارة عن رزمة اسطوانية الشكل لها مجار واسنان على سطحها الخارجى ، ويتم تجميع هذه الرزمة



الشكل ٤٠ – عضو الانتاج (عضو دوار) للمكنة العاملة بالتيار المستمر :
أ – فى حالة التجميع ، ب – اثناء عملية اللف ، جـ – صفيحة القلب لعضو الانتاج مصنوعة بالكبس ، ١ – موحد ، ٢ – ملف ، ٣ – قلب ، ٤ – عمود ، ٥ – ثقوب التهوية ، ٦ – قطاعات الملف ، ٧ – مكان الرباط ، ٨ – ماسك الملف

من صفائح الفولاذ الكهربائى المصنوعة بالكبس ، وسماكتها ٠,٣٥ أو ٠,٥ مم ، وتدهن عادة باللك ، وتركب هذه الرزمة على العمود ، وتضغط بفلكى تثبيت . وفى جسم القلب لعضو الانتاج ، غالبا ما يتم تحضير أقنية تهوية مشكلة من ثقوب دائرية ٥ فى الصفائح المكبوسة ، وتعمل هذه الاقنية على تحسين تبريد عضو الانتاج .

يتوضع ملف عضو الانتاج فى مجارى القلب ، وهو يلف من سلك نحاسى معزول مقطعه دائرى او مستطيل الشكل . ويتألف الملف من قطاعات فى المجارى المعزولة مسبقا ، ويثبت الملف فى المجارى باسافين خشبية أو من التكستوليت . وفى بعض المكنات ذات الموحد يثبت الملف لعضو الانتاج باحزمة من سلك فولاذى او برونزى ، وكى لا يبرز الحزام



الشكل ٤١ — الموحد :
أ — منظر عام ، ب — أوضاع صفائح التوحيد وصفائح العزل ، جـ — بنية الموحد من النوع القنطرى (مزود بفلكات مخروطية) ، د — بنية الموحد المركب على المادة البلاستيكية ؛ ١ — صفيحة الموحد ، ٢ — صفيحة عازلة ، ٣ — جلبة مع فلكة مخروطية ، ٤ — برغى شد ، ٥ — فلكة مخروطية ، ٦ — حلقات منع تسرب من الميكانيت ، ٧ — «عرف الديك» لصفيحة الموحد ، ٨ — «ذيل السنونو» لصفيحة الموحد ، ٩ — مادة بلاستيكية ، ١٠ — حلقات التسليح ، ١١ — جلبة فولاذية مركزية ، ١٢ — «ذيول» بارزة لصفائح العزل من الميكا بين صفائح الموحد

يجعل قطر القلب فى هذا المكان ٧ أقل بقليل . وفى معظم الحالات ، تثبت الاقسام الطرفية (الجبهية) لملف عضو الانتاج ، على ماسك خاص ٨ ، بواسطة الاحزمة أيضا .

ويتألف موحد المكنة (الشكل ٤١) من الصفائح النحاسية ١ ، التى تنفصل عن بعضها بطبقات عازلة ٢ . وتصنع صفائح الموحد من النحاس المدرفل على البارد والخاص بتصنيع الموحدات ، اما العوازل الفاصلة فهى

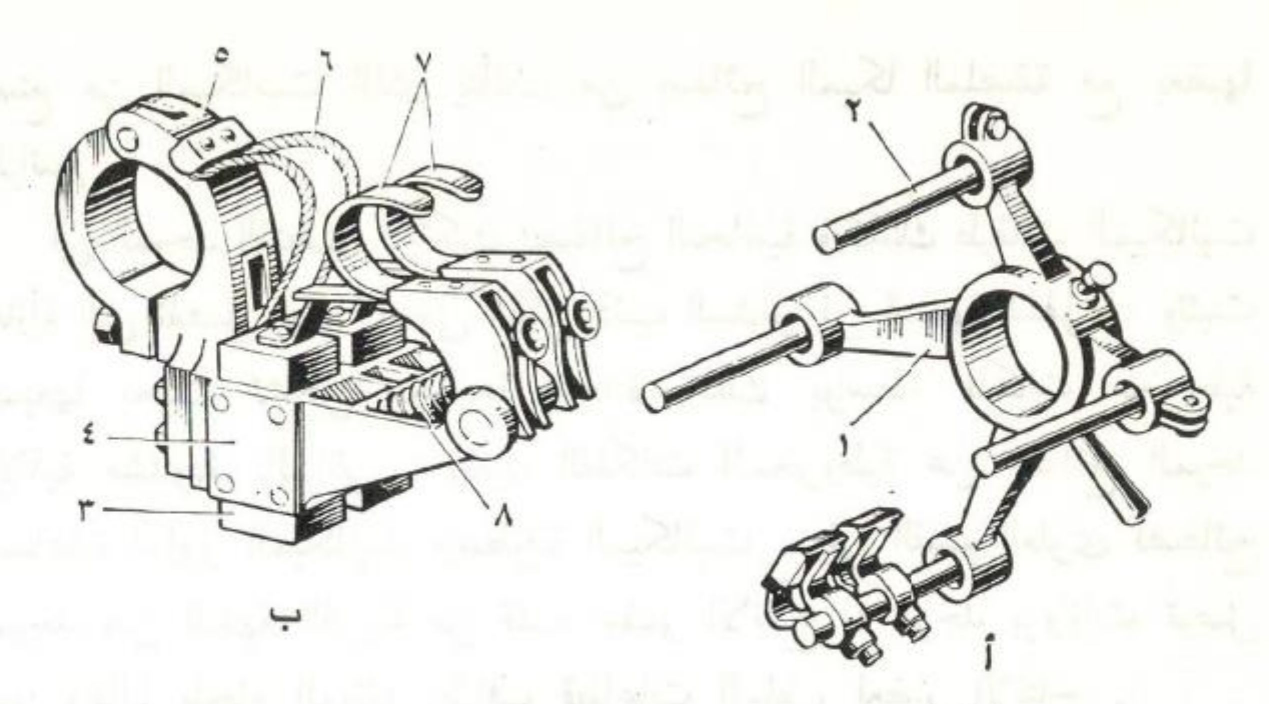
تصنع من الميكانيت الذى يتألف من صفائح الميكا الملصقة مع بعضها بالراتنج .

فى الموحد القنطرى ، تكون الصفائح النحاسية وكذلك طبقات الميكانيت العازلة التى تفصل بينها ، على شكل ذنب السنونو فى قسمها السفلى ، وتثبت جميعها بحيث تشكل مجموعة واحدة وذلك بواسطة فلكات مخروطية فولاذية مشدودة بالبراغى . وتعزل الفلكات المخروطية عن صفائح الموحد بمساعدة اساور الميكانيت واسطوانة الميكانيت . وفى القسم العلوى لصفائح الموحد ومن الجهة القريبة من قلب عضو الانتاج ، توجد بروزات توصل معها (غالبا بلحام المونة) اطراف قطاعات الملف لعضو الانتاج .

اما فى الموحد المصنوع من البلاستيك ، فان مجموعة الصفائح النحاسية وطبقات الميكانيت العازلة تثبت مع بعضها بواسطة البلاستيك ٩ ، الذى ينضغط بين الصفائح والجلبة الفولاذية الاسطوانية الشكل ١١ . وبهدف زيادة المتانة الميكانيكية ، غالبا ما يسلح البلاستيك بحلقات فولاذية ١٠ تستند على النهايات البارزة لعوازل الميكانيت ١٢ ، وذلك للحيلولة دون اغلاق دائرة صفائح الموحد بحلقات التسليح .

ان الموحدات البلاستيكية ابسط وارخص ثمنا من الموحدات ذات النمط القنطرى ، وهى تستخدم فى الوقت الحالى فى مكنات قدرتها غير كبيرة نسبيا . وللمكنات الضخمة تكون الموحدات ذات النمط القنطرى أكثر ضمانة .

وتتألف تجهيزة الفراشى لسحب التيار (الشكل ٤٢) عادة من العارضة ١ والاصابع ٢ وحوامل الفراشى ، ومن خلال الاخيرة يتم التماس الكهربائى مع صفائح الموحد . وغالبا ، تثبت العارضة على غطاء المدرجة . وتعزل الاصابع كهربائيا عن العارضة (احيانا تصنع الاصابع ذاتها من مادة عازلة) ، ويكون عددها عادة مساويا لعدد الاقطاب الرئيسية للمكنة ، ويثبت على كل اصبع طاقم من حوامل الفراشى . ويبين الشكل حامل فراشى مزدوج يتألف من الطوق ٤ ، حيث توضع الفرشايتان ٣ ، ومن الزنادين ٧ اللذين ينقلان ضغط النوابض ٨ على الفراشى ، والمقمط ٥ الذى يستخدم لتثبيت حامل الفراشى على الاصبع .



الشكل ٤٢ – تجهيزة الفراشى للمكنة ذات الموحد :
أ – عارضة مزودة باصابع ، ب – حامل فراشى مزدوج ؛ ١ – عارضة ، ٢ – اصبع ، ٣ – فرشاة ، ٤ – طوق ، ٥ – ممسك ، ٦ – سلك الفرشاة المرن الناقل للتيار ، ٧ – زناد ، ٨ – نابض

توصل حوامل الفراشى من نفس القطبية (« + » او « – ») مع بعضها بقضبان توصيل جامعة ، توصل بدورها مع مآخذ المكنة . وتوجد علبة المآخذ عادة على الفرش ، ويجرى تعليم المآخذ كما يلى Я-1 : و Я-2 – ملف عضو الانتاج ، Д-1 و Д-2 – ملف الاقطاب الاضافية ، K-1 و K-2 – ملف التعويض، C-1 و C-2 – الملف المتسلسل للتحريض ، Ш-1 و Ш-2 – الملف المتوازى للتحريض . ويدل الرقم ١ على بداية الملف ، والرقم ٢ على نهايته .

ولتحسين التبريد تزود غالبية المكنات بمراوح ، تمتص عادة هواء التبريد من جهة الموحد ، ثم يمر الهواء داخل المكنة فى الاتجاه المحورى ، ويطرد من المكنة عبر شبكه التهوية بواسطة مروحة نابذة ، تركب على العمود من الجهة المقابلة للموحد .

تنتج مصانع الاتحاد السوفييتى مكنات ذات موحد على شكل دفعات لها اغراض معينة .

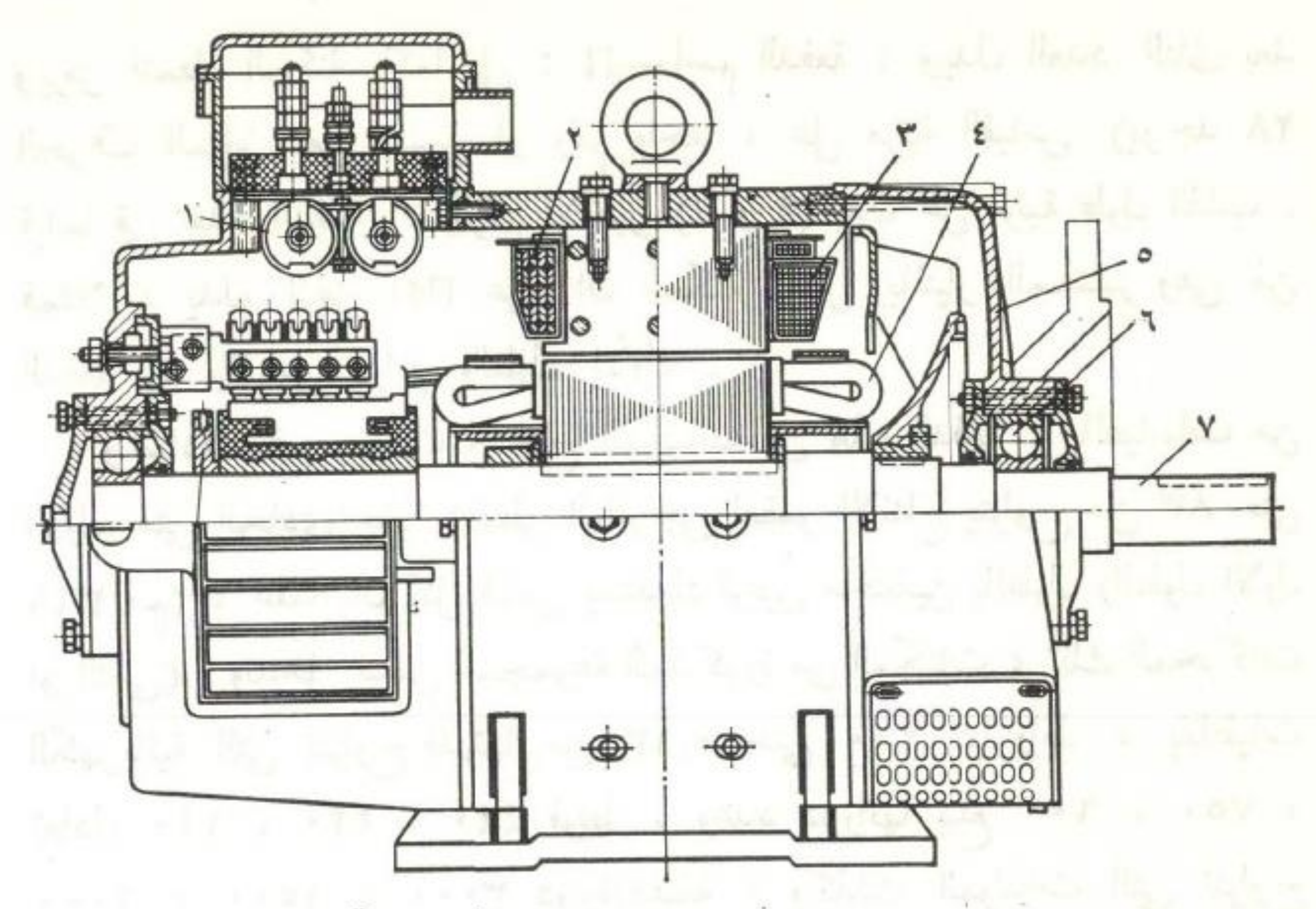
فالدفعة الموحدة П للمكنات العاملة بالتيار المستمر ، تضم مكنات تستخدم فى الصناعة لاغراض عامة مثل المحركات الكهربائية والمولدات .

ويرمز لنمط المكنة كما يلى : П – اسم الدفعة ؛ ويدل العدد التالى بعد الحرف المؤلف من رقمين او رقم واحد ، على مرتبة القياس (يوجد ٢٨ قياسا فى هذه الدفعة) ، والرقم الاخير (1 أو 2) يدل عل مرتبة طول القلب . فمثلا ، يدل الرمز П41 على ان المكنة تعمل بالتيار المستمر وهى من الدفعة П والقياس الرابع والطول الأول .

ونصادف فى ورشات اصلاح المكنات من هذه الدفعة ، بالقياسات من الاول حتى الحادى عشر (القطر الخارجى لعضو الانتاج يتراوح من ٨٣ حتى ٣٦٨ مم) ، علما بان كل قياس يستدرك نوعين مختلفين بالطول (الطول الاول او الثانى) . وتدخل ضمن المجموعة المذكورة من المكنات ، تلك المحركات الكهربائية التى تتراوح قدرتها من ٠٫١٣ حتى ٢٠٠ كيلوواط ، بفلطيات تعادل ١١٠ ، ٢٢٠ ، ٤٤٠ فولط ، وعدد دوراتها يبلغ ٦٠٠ ، ٧٥٠ ، ١٠٠٠ ، ١٥٠٠ ، ٣٠٠٠ دورة/دقيقة ؛ وكذلك المولدات التى تتراوح قدرتها من ٠٫٣٧ حتى ٩٠ كيلوواط ، وبفلطيات ١١٥ ، ٢٣٠/٤٦٠ فولط ، وعدد دوراتها ٩٨٠ ، ١٤٥٠ ، ٢٨٥٠ دورة/دقيقة .

وتحتوى المحركات الكهربائية على ملف تحريض مواز وملف تحريض صغير متسلسل للاستقرار . وهذا يضمن اثناء عمل المكنة ثبات قيمة الدفق المغناطيسى الرئيسى ، ويضمن تغيرا صغيرا نسبيا لعدد الدورات فى نطاق واسع للحمولات . أما المولدات التى تدخل ضمن مجموعة المكنات من الدفعة П فهى تزود بملف تحريض متواز او مختلط ، يضمن فلطية مستقرة بما فيه الكفاية عند تغيير الحمولة من القيمة المقدرة حتى انعدامها (عند العمل بدون تحميل) .

تصنع مكنات الدفعة الموحدة П من القياس الاول والثانى والثالث ، بقطبين رئيسيين وقطب اضافى واحد ، اما المكنات من القياسات التى تبدأ من الرابع حتى الحادى عشر ضمنا ، فهى تزود بأربعة اقطاب رئيسية واربعة اقطاب اضافية . وتكون الموحدات فى المكنات من القياس الثانى حتى السادس مركبة على البلاستيك ، اما المكنات من القياس السابع حتى الحادى عشر ضمنا فتكون موحداتها من النمط القنطرى . ومن حيث طريقة التركيب



الشكل ٤٣ — مكنة التيار المستمر من الطراز П-52 :
١ — مكثف تجهيزة منع التشويش ، ٢ — قطب اضافي ، ٣ — قطب رئيسي ، ٤ — ملف عضو الانتاج ، ٥ — غطاء المدرجة ، ٦ — مدرجة ، ٧ — عمود

فان مكنات الدفعة П من القياس الاول حتى الحادى عشر ضمنا ، تكون افقية (على ارجل ، أو بشفة على غطاء المدرجة) ، أو رأسية ، علما بانها تزود عادة بطرف حر للعمود من الجهة المقابلة للموحد .

ويبين الشكل ٤٣ تصميما نموذجيا للدفعة الموحدة П ، وهو تصميم المكنة П52 ، حيث يوضع في القسم المتوسط للعمود ٧ ، القلب الفولاذى لعضو الانتاج الحاوى على مجار نصف مغلقة ، يوضع فيها ملف عضو الانتاج . ويصنع هذا الملف من سلك نحاسى معزول له مقطع دائرى . وتوضع على طرفى القلب الفولاذى لعضو الانتاج صفيحتان من مادة عازلة ، فيهما مجار أيضا ، وهما تقومان بحماية عازل الاسلاك لملف عضو الانتاج من التضرر الذى قد يحصل على الحواف الحادة فى مكان خروج الاسلاك من المجرى . ويضغط قلب عضو الانتاج بين فلكتين ضاغطتين تكون اطرافهما الخارجية مثنية وتقوم بدور ماسكات الملف من الجانبين . وتكون

فلكة التثبيت لقلب عضو الانتاج ، الموجودة فى جهة جهاز التحريك ، مستندة على نتوء العمود ، اما الفلكة الاخرى من جهة الموحد فتسند على جلبة خاصة . وقد صنع موحد المكنة من البلاستيك ، اما ملف عضو الانتاج فيثبت فى المجارى بواسطة أسافين ، وتثبت الاقسام الجبهية للملف باربطة سلكية .

وتنفذ التهوية بمساعدة مروحة مسكوبة من الومنيوم ومركبة على العمود . وفى الثقب المحورى للمروحة توجد جلبة فولاذية مسكوبة تثبت على العمود بواسطة خابور . ويمتص الهواء عبر مصاريع موجودة فى أغطية فتحات الموحد، ويمر عبر المكنة ويبرد الموحد والسطح الخارجى لعضو الانتاج والاقطاب ، ومن ثم يطرد للخارج عبر الثقب السفلى لغطاء المدرجة ٥ ، المغطى بشبكة مصنوعة بالكبس . ويتم توازن عضو الانتاج بأثقال موازنة تثبت على المروحة ، وكذلك بواسطة حفر ثقوب قطرية على حلقة توازن مخصصة لذلك .

تنضغط الحلقة الخارجية للمدرجة الكروية الواقعة من جهة الموحد ، بواسطة الاغطية . وتقوم المدرجة بتثبيت وضع عضو الانتاج فى المكنة ، وهى تتلقى الحمولات المحورية . ويوجد فى طرف غطاء المدرجة ثقب لوصل عمود عداد الدورات ، يوضع فيه لولب . ويترك خلوص بين حلقة المدرجة الكروية الواقعة من جهة جهاز التحريك ، وبين اغطية المدارج ، وذلك للتعويض عن التمدد الحرارى للعمود .

توضع العارضة لتجهيزة سحب التيار ، فى أخدود حلقى مخروط على غطاء المدرجة ، وتثبت عليه بالبراغى . وبتحربر صوامل هذه البراغى يمكن تدوير العارضة ووضع الفراشى على الحياد . وتثبت الاصابع التكستوليتية لحوامل الفراشى على العارضة بواسطة البراغى .

اما هيكل (فرش) المكنة فهو عبارة عن انبوب فولاذى لحمت عليه الارجل . وعلى طرفى الفرش توجد اخاديد خارجية حلقية تساعد على تمركز اغطية المدارج عند تركيبها . وتثبت الاقطاب الرئيسية ٣ والاضافية ٢ على الهيكل بواسطة البراغى . وتصنع قلوب الاقطاب من رزم من الصفائح ، بحيث تتوضع الصفائح فى رزم الاقطاب الرئيسية فى الاتجاه العرضى ، اما

فى الاقطاب الاضافية فتتوضع فى الاتجاه الطولى . وتركب على القطب الرئيسى وشيعة ملف التحريض الموازى توضع عليها وشيعة صغيرة للملف المتسلسل . وتكون صفائح القلب للقطب الاضافى ذات بروزات تستند عليها الوشيعة .

وتوجد علبة المآخذ فى القسم العلوى للهيكل ، وهى تغطى من الخارج بغطاء مصنوع بالكبس . وفى داخل العلبة توجد لوحة المآخذ مع براغى التماس التى توصل معها مآخذ ملفات المكنة ، وتثبت المكثفات ١ تحت لوحة المآخذ ، وهى مخصصة لتخفيض التشويش الراديوى .

وقد خصصت الدفعة الموحدة الجديدة من مكنات التيار المستمر 2П ؛ بدلا من الدفعة П . وتتميز المكنات الجديدة عن القديمة بأفضليات كبيرة وهى : أبعادها ووزنها أقل ، ولها مجال اوسع لضبط عدد الدورات للمحركات ، وهى منخفضة الضجيج والارتجاج ، وقد تضاعفت تقريبا مدة عملها .

تضم الدفعة الموحدة 2П المحركات الكهربائية التى تتراوح قدراتها من ٠,٣٧ حتى ٢٠٠ كيلوواط ، ويتراوح ارتفاع محور الدوران فيها من ٩٠ حتى ٣١٥ مم . ويفسر الرمز الاصطلاحى لنمط هذه المكنات ، مثلا للمحرك الكهربائى 2ПАТ90М كما يلى : 2П – اسم الدفعة القياسية ؛ A – محرك محمى (H – محرك محمى مع تهوية مستقلة من مروحة خارجية ، Б – محرك مغلق بتبريد طبيعى ، O – محرك مغلق يبرد بالنفخ الخارجى من مروحة خارجية) ؛ T – محرك مزود بعداد الدورات ؛ 90 – ارتفاع محور الدوران بالمليمترات ؛ M – المرتبة الاولى لطول المحرك (L – المرتبة الثانية لطول المحرك) .

ومما تتميز به المكنات الجديدة ، خاصة هو شكلها الجميل ، فهيكلها الاسطوانى يخلو من اقسام بارزة الى الخارج ، اما الاغطية المسطحة للمدارج فتجعل صيانة المكنات أكثر سهولة وبساطة .

وتصنع مكنات الدفعة الموحدة ، التى يعادل‌ورها ٩٠

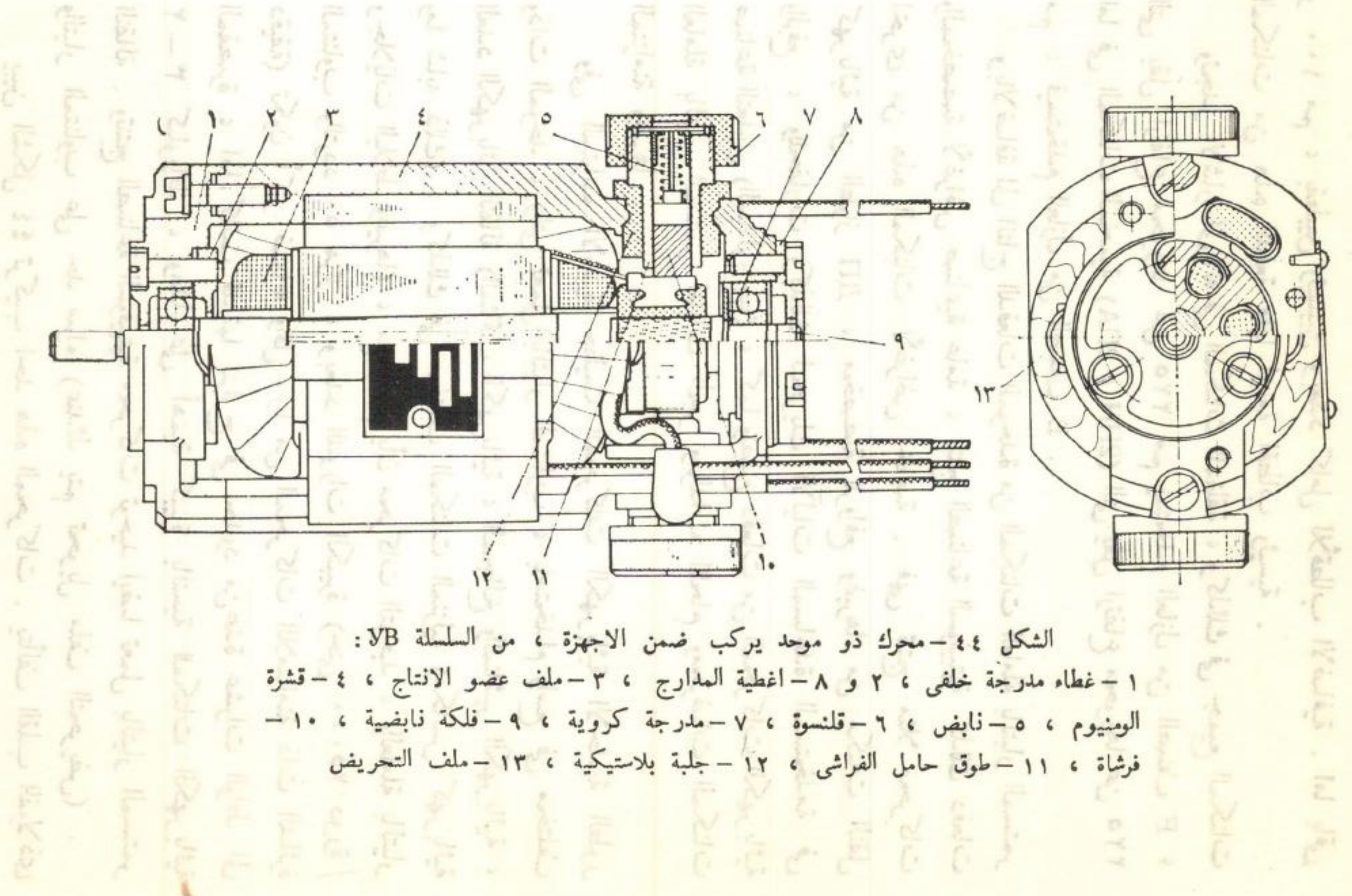
و ١٠٠ مم ، بقطبين رئيسيين وبعدد كامل للأقطاب الاضافية . اما باقى المكنات من هذه الدفعة فلها اربعة اقطاب رئيسية .

وتجدر الاشارة الى انه فى المكنات المغلقة ، وكذلك فى جميع المكنات التى يقل ارتفاع محورها عن ٢٢٥ مم يستخدم العازل من الصنف F ؛ اما فى المكنات المخمية (2ПА ، 2ПН) التى يقل ارتفاع محورها عن ٢٢٥ مم ، فيستخدم العازل من الصنف B .

وبالاضافة الى انتاج الدفعات الموحدة من المكنات العاملة بالتيار المستمر والمخصصة لأغراض صناعية عامة ، تنتج الصناعة السوفييتية كذلك دفعات اخرى من هذه المكنات لأغراض خاصة . فهى تنتج مثلا محركات كهربائية من الطراز ДП ، مخصصة للروافع وغيرها من مكنات النقل والرفع ، وللحفارات وكذلك لتحريك الآليات المساعدة المستخدمة فى صناعة التعدين (الميتالورجيا) ، كما وتصنع دفعات من المحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر لغايات الجر ومولدات اللحام ومحرضات المكنات المتزامنة وغيرها .

وفى السنوات الاخيرة حظيت المحركات الكهربائية الاحادية الطور وذات الموحد ، والتى تعمل بالتيار المتناوب ، باستخدام واسع فى مختلف العدد الكهربائية النقالة (المثاقب الكهربائية ، المجالخ والمناشير الكهربائية ، وما شابه ذلك) ، وكذلك فى مختلف المكنات المنزلية (مكانس كهربائية وجلايات البلاط وغيرها) ، مع العلم بأن محركات التوحيد ، والعاملة بالتيار المتناوب والتردد ٥٠ هرتز ، وبعدد الدورات الكبيرة (حتى ٢٥٠٠٠ دورة / دقيقة) تكون أكثر ضمانة واقل وزنا من المحركات اللامتزامنة ذات الدائرة المقصرة ، اذا كانت قدرتها تتراوح فى حدود من عدة عشرات الواط الى ٢ ــ ٣ كيلوواط ، وهذا على أهمية كبيرة بالنسبة للمكنات الكهربائية النقالة . وتنتج الصناعة السوفييتية محركات توحيد ايضا تعمل بالتيار المستمر والتيار المتناوب على حد سواء (عندئذ يتم تحويل ملف التحريض) .

يبين الشكل ٤٤ تركيب احد هذه المحركات . يتألف القلب الفولاذى للعضو الساكن لهذا المحرك من رزمة الصفائح الرقيقة المصنوعة بالكبس



الشكل ٤٤ – محرك ذو موحد يركب ضمن الاجهزة ، من السلسلة ЎB :
١ – غطاء مدرجة خلفى ، ٢ و ٨ – اغطية المدارج ، ٣ – ملف عضو الانتاج ، ٤ – قشرة الومنيوم ، ٥ – نابض ، ٦ – قلنسوة ، ٧ – مدرجة كروية ، ٩ – فلكة نابضية ، ١٠ – فرشاة ، ١١ – طوق حامل الفراشى ، ١٢ – جلبة بلاستيكية ، ١٣ – ملف التحريض

من الفولاذ الكهربائي . ويكون شكل الصفائح عند تجميعها على هيئة اسطوانة مشطوفة بحافتين ، ويتشكل بروزان (قطبان) داخل الرزمة ، بينهما ثقب اسطواني من اجل عضو الانتاج . وتسكب الرزمة المضغوطة في غلاف خارجي من الالومنيوم ٤ ، وتسكب معها في آن واحد حلقتاها الطرفيتان مع الغلاف ، اللتان تثبتان وضع الرزمة ، وكذلك قضبان شد الصفائح (لسكب القضبان يجرى تخريم ثقوب دائرية في صفائح العضو الساكن) ، وكذلك غطاء المدرجة الامامية (من جهة الموحد) . اما غطاء المدرجة الخلفية (من جهة جهاز التحريك) فيصنع ايضا من الالومنيوم غير انه يسكب ويعالج على انفراد . وهو يثبت على العضو الساكن بلولبين .

تركب وشائع ملف التحريض المتسلسل ١٣ على الاقطاب وتثبت هنا بأقواس مصنوعة بالكبس .

ويصنع كذلك القلب في عضو الانتاج من صفائح فولاذية رقيقة مضغوطة على بعضها ، بحيث تشكل مجار نصف مغلقة معزولة بكرتون كهربائي . ويوضع في المجاري الملف ٣ لعضو الانتاج ، والمصنوع من سلك نحاسي مستدير معزول بعازل من المينا . وتلحم أطراف القطاعات لملف عضو الانتاج على صفائح الموحد . ويزود المحرك بموحد مصنوع من البلاستيك . وفي الغطاء الامامي للمدرجة وفوق الموحد ، يركب بجساءة حاملان للفرشاتين ، معزولان عن غطاء المدرجة بجلب بلاستيكية ١٢ . ولحامل الفرشاة طوق من سبيكة الزنك ، توضع داخله الفرشاة ١٠ التي تنضغط على الموحد بواسطة النابض ٥ ، ويركب الغطاء البلاستيكي ٦ على الطوق . يدور عمود المحرك الكهربائي على مدرجتين كرويتين ، احداهما قطرية (من جهة جهاز التحريك) ، والاخرى قطرية ــ استنادية (من جهة الموحد) .

أسئلة للمراجعة

١ ــ كيف تصنف المكنات الكهربائية من حيث غايتها وتركيبها ، ونوع تيارها وفلطيتها ؟

٢ ــ تكلم عن تركيب المكنات اللامتزامنة ذات الاعضاء الدوارة الطورية ، وذات الاعضاء الدوارة المقصرة .

٣ ــ عدد الحالات التي تستخدم فيها المحركات اللامتزامنة والعالية التردد ، وتحدث عن خصائص تركيبها .

٤ – تحدث عن تركيب المحول اللامتزامن للتردد .

٥ – تحدث عن تركيب المكنات المتزامنة ذات الاعضاء الدوارة الظاهرة الاقطاب ، وذات الاعضاء الدوارة المخفية الاقطاب .

٦ – تحدث عن تركيب مكنات التوحيد ، التى تعمل بالتيار المستمر والتيار المتناوب .

الباب الثالث:

مواد الموصلات الكهربائية والمغناطيسية

البند ١١ – اسلاك الملفات

ان المادة الاساسية التى تستخدم لتحضير الملفات فى المحولات والمكنات الكهربائية ، هى اسلاك يصنع عادة جزؤها الموصل للتيار من النحاس او الالومنيوم وعازلها الخارجى من الميناء او المواد الليفية (الخيوط القطنية او الحريرية او غيرها) او الشريط الورقى او المواد العازلة المركبة . وتستخدم ايضا اسلاك اللف العارية ، ويتم عزلها اثناء اللف مباشرة ، وخاصة لصنع الملفات فى المكنات والمحولات الكهربائية الكبيرة والمتخصصة .

تصنع اسلاك اللف بأبعاد قياسية ، كما انها قد تكون بمقطع دائرى او مستطيل او بمقطع له شكل آخر ، ونذكر مثالا على ذلك ، المكنات المتخصصة العاملة بترددات كبيرة التى تصنع من اجلها اسلاك ملتوية وملتفة من اسلاك رفيعة ومشكلة بمقطع مستطيل او غيره .

يجب ان تتميز المواد الموصلة المستخدمة فى اسلاك اللف ، بمقاومة كهربائية نوعية منخفضة ، ومتانة ميكانيكية كافية ، وصمود كيميائى كبير ، وبثمن رخيص . وهكذا ، فان الفضة لا تستخدم بسبب غلائها رغم انها تتميز بأقل مقاومة كهربائية . اما النحاس فيتميز بمقاومة كهربائية نوعية اكبر من الفضة ولكنه معدن غير غال نسبيا ، كما له متانة ميكانيكية كبيرة وصمود كيميائى كاف ، ولذا فانه يستخدم فى اسلاك اللف اكثر من غيره من المعادن .

هذا وتزداد المقاومة النوعية للنحاس بشكل ملحوظ فى حال وجود شوائب فيه مثل الانتيمون والبزموت ، لذا يستخدم النحاس النقى الالكتروليتى من اجل اسلاك اللف ، حيث أن الشوائب لا تزيد فيه عن ٠,١٪ . وعند درفلة النحاس على البارد فانه يصبح أقسى وأمتن ؛ لكن مقاومته النوعية تزداد عندئذ . ويعمل تلدين النحاس على استعادة خواصه الاولية ، بحيث يصبح اكثر طراوة وتنخفض مقاومته النوعية الى قيمة ما قبل الدرفلة .

وفى السنوات الاخيرة يستخدم الالومنيوم فى اسلاك الملفات أيضا مع العلم بان المقاومة النوعية للالومنيوم تزيد بمقدار الثلث عن مقاومة النحاس . اما الخواص الميكانيكية للألومنيوم فهى اردأ ، اذ انه أكثر هشاشية . غير ان الالومنيوم أخف من النحاس وارخص منه ، كما انه متوفر بكثرة .

تستخدم فى الصناعة الحديثة للمحولات والمكنات الكهربائية اسلاك اللف ذات الماركات المختلفة ، التى يزداد عددها باستمرار ، نظرا لزيادة المتطلبات بالنسبة لجودة المكنات الكهربائية والمحولات ، وكذلك بسبب السعى الى تبسيط تكنولوجيا تصنيعها . وهذا يجبرنا ان نبحث عن مواد عازلة ، أكثر متانة وأكثر صمودا للحرارة وأقل ثمنا . فالاسلاك المعزولة بخيوط قطنية كانت تستخدم على نطاق واسع لتحضير ملفات المحولات والمكنات الكهربائية ، اما فى الوقت الحاضر فقد حلت محلها اسلاك معزولة بالمينا المتينة والصامدة للحرارة ، او بشريط ورقى رقيق والخ . فمثلا تقل سماكة العازل الصامد للحرارة من المينا بمرتين الى ثلاث مرات ، اما الموصلية الحرارية لطبقة الميناء الرقيقة فهى أكبر بكثير مما هو عليه فى العوازل الليفية . ولذلك ، يمكن أن توضع فى مجارى المكنات الكهربائية او نوافذ قلوب المحولات ، ملفات مصنوعة من سلك نحاسى له مساحة أكبر للمقطع العرضى ، وكذلك يمكن رفع كثافة التيار ، لأن المينا الصامد للحرارة يسمح باحماء اكثر . ان كل ذلك يفسح المجال اما لزيادة القدرة مع الحفاظ على ابعاد المكنة الكهربائية والمحول وكتلتها ، واما لتخفيض الابعاد والكتلة والكلفة مع الحفاظ على نفس القدرة .

يحتوى عادة رمز الماركات لأسلاك اللف النحاسية على الحروف الاولى

الجدول ١

مواصفات بعض انواع الاسلاك

ماركة السلك	المواصفات العامة للسلك	الصمود ضد الحرارة، م	الأبعاد (دون العازل) مم
ПЭЛ	نحاسي، مطلي بالمينا، صامد للك، مقطعه دائرى	١٠٥	٠٫٠٢—٢٫٤٤
ПЭА	الومينيومي، نفس المواصفات، مقطعه دائرى	١٠٥	٠٫٠٩—٠٫٥٥
ПЭВ-1	نحاسي، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس»	١١٠	٠٫٠٢—٢٫٤٤
ПЭВА-1	ألومينيومى، نفس المواصفات، مقطعه دائرى	١١٠	٠٫٥٧—٢٫٤٤
ПЭВ-2	نحاسي، معزول بطبقة سميكة من المينا المتينة «فينيفلكس»، مقطعه دائرى	١١٠	٠٫٠٢—٢٫٤٤
ПЭВА-2	ألومينيومى، نفس المواصفات، مقطعه دائرى	١١٠	٠٫٥٧—٢٫٤٤
ПЭВТЛ-1	نحاسي، معزول بمينا متينة من البولى اوريتان، مقطعه دائرى	١٢٠	٠٫٠٦—١٫٥٦
ПЭВТЛ-2	نفس المواصفات ولكن بطبقة أسمك من المينا مقطعه دائرى	١٢٠	٠٫٠٦—١٫٥٦
ПЭТВ	نحاسي، معزول بمينا متينة وصامد للحرارة، مصنوع على اساس البولى اثيرات (بولى اثيلين تيرفتالات) مقطعه دائرى	١٣٠	٠٫٠٦—٢٫٤٤
ПЭТ-155	نحاسي، معزول بلك بولى أثيرى مقطعه دائرى	١٥٥	٠٫٠٦—٢٫٤٤
ПЭВП	نحاسي، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس»، مقطعه مستطيل	١١٠	(٠٫٥—٢٫٨٣)× ×(٢٫١—٨٫٨)
ПЭТВП	نحاسي، معزول بمينا متينة وصامدة للحرارة، مقطعه مستطيل	١٣٠	(٠٫٥—١٫٩٥)× ×(٢١—٨٫٨)
ПЭВД	نحاسي ، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس» مع طلاء اضافى يلين حراريا، ويلصق بالتسخين حتى ١٤٠—١٦٠° م، مقطعه دائرى	١١٠	٠٫٢—٠٫٥

ماركة السلك	المواصفات العامة للسلك	الصمود ضد الحرارة، م	الأبعاد (دون العازل) مم
ПЭЛШО	نحاسى، معزول بمينا صامدة ضد اللك، وبطبقة واحدة من خيوط الحرير الطبيعى، مقطعه دائرى	١٠٥	١٫٥٦–٠٫٠٥
ПЭЛЛО	نحاسى معزول بمينا صامدة ضد اللك، وبطبقة واحدة من خيوط تركيبية (لافسان)، مقطعه دائرى	١٠٥	١٫٣–٠٫٠٥
ПЭВЛО	نحاسى، معزول بالمينا المتينة «فينيفلكس» وبطبقة واحدة من خيوط تركيبية (لافسان)، مقطعه دائرى	١٠٥	١٫٣–٠٫٠٦
ПЭЛБО	نحاسى، معزول بمينا صامدة اللك وبطبقة من الخيوط القطنية مقطعه دائرى	١٠٥	٢٫١–٠٫٣٨
ПСД	نحاسى، معزول بطبقتين من الالياف الزجاجية الخالية من القلويات، مع تشريبه بلك صامد للحرارة مقطعه دائرى	١٥٥	٥٫٢–٠٫٣١ ×(٥٫٥–٠٫٩) ×(١٢٫٥–٢٫١)
ПСД-Л	نفس الشىء، لكنه يزود بطلاء سطحى من اللك، مقطعه دائرى	١٥٥	٥٫٢–٠٫٣١ ×(٠٫٥–٠٫٩) ×(١٢٫٥–٢٫١)
ПСДТ-Л	نفس الشىء، لكنه يزود بعازل أقل سماكة، مقطعه دائرى	١٥٥	٢٫١–٠٫٣١
ПБД	سلك نحاسى معزول بطبقتين من الخيوط القطنية، مقطعه دائرى	١٠٥	٥٫٢–٠٫٣٨ ×(٥٫٦–٠٫٩) ×(١٥–٢٫١)
АПБД	سلك الومينى معزول بطقبتين من الخيوط القطنية، مقطعه دائرى	١٠٥	٨–١٫٣٥ ×(٧–١٫١٨) ×(١٨–٤٫١)
ПСДК	سلك نحاسى معزول بطبقتين من الخيوط الزجاجية غير القلوية، المشربة بلك سليكونى عضوى، مقطعه دائرى	١٨٠	٥٫٢–٠٫٣١ ×(٥٫٥–٠٫٩) ×(١٢٫٥–٢٫١)

ماركة السلك	المواصفات العامة للسلك	الصمود ضد الحرارة، م	الأبعاد (دون العازل) مم
ПСДКТ	نفس الشيء، ولكن عازله رقيق	١٨٠	٢,١—٠,٣١ ×(٣,٥٣—٠,٩) (١٠—٢,١)×
ПДА	سلك نحاسى معزول بطبقة واحدة من الياف الاسبستوس، الملصقة على النحاس، والمشربة بلك صامد للحرارة، مقطعه دائرى	١٥٥	٤,٨—١,٨١ ×(٥,١—١,١٦) (٧,٤—٤,١)×
ПБ	سلك نحاسى معزول بشريط من ورق الكابلات، مقطعه دائرى	١٠٥	٥,٢—١,٢ ×(٥,٦—١) (١٩,٥—٣)×
АПБ	نفس الشيء ولكن السلك الالومينى	١٠٥	٨—١,٣٥ ×(٧—١,٨١) (١٨—٤,١)×
ПБУ	سلك نحاسى معزول بشريط من الورق المقوى للكابلات ذات الفلطية العالية، مقطعه دائرى	١٠٥	×(٥,٦—١,٨) (١٩,٥—٦,٧ ×
АПБУ	نفس الشئ، ولكن السلك الالومينى	١٠٥	×(٥,٥—١,٨١) (٢٢ — ٦,٩)×

لأسماء المواد التى يتألف منها العازل ، وكذلك يمكن ان يحتوى على حروف وارقام تدل على عدد طبقات العازل ، ويضاف الحرف A الى رمز ماركات الأسلاك المصنوعة من الالومنيوم .

يبين الجدول ١ المواصفات الاساسية لأسلاك اللف الأكثر استخداما لاصلاح المحولات والمكنات الكهربائية .

وتستخدم فى السنوات الاخيرة على نطاق واسع فى الاتحاد السوفييتى وخارجه ، رقائق وشرائط من الالومنيوم والنحاس ، بمثابة مادة موصلة فى ملفات المحولات التى تقل قدرتها من ٦٣٠ كيلوفولط أمبير ، مما يسمح

برفع معامل امتلاء حجم الملف بالمادة الموصلة ، وبالتالى بتقليص حجم المحول ووزنه وثمنه .

وتصنع الرقائق النحاسية من النحاس ماركة M-1 ، بحيث لا تزيد مقاومته الكهربائية النوعية عن ٠,٠١٨٠ ميكروأوم فى المتر ، ويكون تسامح سماكتها ± ٣٪ . وتعادل سماكة الرقيقة من ٠,٠٣٥ — ٠,٠٦٥ مم ، وعرض البكرة ٧٠٠ ، ٨٥٠ و ١٠٠٠ مم . اما الشريط فيصنع بسماكة ٠,١ ، ٠,٠٨ ، ٠,٠٧٥ ، ٠,٠٥ ، ٠,٠٣٥ مم .

اما الشرائط والرقائق الالومينيومية فتصنع من الالومنيوم ماركة AE ، بحيث لا تزيد مقاومته الكهربائية النوعية عن ٠,٠٢٨ ميكرو أوم فى المتر ، كما تعادل سماكة الرقيقة ٠,٠٢ — ٠,٢ مم وسماكة الشريط من ٠,٢٢ الى ٢ مم .

البند ١٢ — أسلاك التركيب وقضبان التوصيل

تستخدم عادة أسلاك تركيب خاصة ، من اجل اطراف مآخذ الملفات النحاسية للمحولات والمكنات الكهربائية ، يكون الجزء الموصل فيها مؤلفا من عدة اسلاك رفيعة ، ويتألف عازلها من عدة طبقات . وهنا تستخدم بشكل واسع اسلاك من الماركات التالية :

ПРГ — سلك مزود بعازل مطاطى محاط بنسيج قطنى ، مشرب بمادة مضادة للتعفن ، يصنع بمقطع من ٠,٧٥ حتى ٤٠٠ مم^{٢} ، ويستخدم فى المكنات والمحولات التى لا يزيد صمود العازل حراريا فيها عن ١٠٥ °م ؛

ПВБЛ — سلك له عازل من المطاط المصنوع على اساس الكاوتشوك البوتيلى ، محاط بضفيرة من خيوط اللافسان ، ويمكن ان يغطى كل سلك رفيع بغشاء رقيق من البولى اتيل تيريفتالات سماكته اقل من ٠,٠٢ مم ؛ ويمكن ان يزود تحت الضفيرة او فوقها بغلاف من النسيج المطاطى ؛ وتصنع هذه الاسلاك بمقطع من ٢,٥ حتى ٥٠ مم^{٢} ، وهى تستخدم فى المحولات والمكنات الكهربائية التى يجب ان تصمد عوازلها حتى الدرجة ١٠٥ °م ؛

ПВСНК — سلك مزود بعازل من المطاط والليف الزجاجى ، يوضع فى غلاف من المطاط المصنوع على اساس الكاوتشوك النتريلى الصامد ضد الزيوت ؛ ويمكن ان يزود السلك الناقل بغشاء رقيق تصل سماكته حتى ٠,٠٢ مم مصنوع من البولى اتيل تيريفتالات ، ويتراوح مقطع السلك من ٢,٥ حتى ٧٠ مم ٢ وهو يستخدم فى المحولات والمكنات التى يصل صمود العازل فيها حتى ١٣٠°م ؛

РКГМ — سلك له عازل مصنوع من المطاط السيليكونى العضوى ، محاط بضفيرة من الالياف الزجاجية المشربة بالمينا او اللك الصامد للحرارة ؛ ويتراوح مقطعه من ٠,٧٥ حتى ١٢٠ مم ٢ وهو يستخدم فى المحولات والمكنات التى يجب ان يكون صمود العازل حراريا فيها أقل من ١٨٠°م ؛

ЛПЛ — سلك مزود بعازل مصنوع من النسيج الحريرى المحاط بضفيرة مشربة باللك ، ويكون مقطعه من ٠,٥ حتى ٦ مم ٢ وهو يستخدم بدرجات حرارة تصل حتى ١٠٥°م ؛

ПТЛ-200 — سلك يتألف موصله من عدة اسلاك رفيعة مقصدرة ، وهو معزول بعدة طبقات من اللدائن الفلورية — ٤ التى تغطى بالليف الزجاجى ومن ثم باللك ؛ ويكون مقطعه من ٠,٣٥ حتى ٧٠ مم ٢ ، وهو يستخدم بدرجات حرارة تصل حتى ٢٠٠°م ، واذا سخن حتى ٢٥٠°م او عند حرقه فان العازل الفلورى يطلق غازات سامة .

وفى المكنات الكهربائية ومحولات القدرة الحاوية على ملفات مصنوعة من اسلاك الالومنيوم ، تستخدم عادة اسلاك للتركيب ذات عروق مصنوعة من الالومنيوم .

وغالبا ما تستخدم فى اصلاح الملفات لمحولات القدرة والمكنات الكهربائية ، قضبان توصيل نحاسية او الومينيومية ذات مقطع دائرى أو مستطيل الشكل . ويبين الجدول ٢ أبعاد هذه القضبان وأوزانها .

الجدول ٢

أبعاد قضبان التوصيل وأوزانها

الابعاد، مم	وزن المتر الواحد، كغ للسلك النحاسى	وزن المتر الواحد، كغ للسلك الالومينيومى	الابعاد، مم	وزن المتر الواحد، كغ للسلك النحاسى	وزن المتر الواحد، كغ للسلك الالومينيومى
القضبان المسطحة					
٣×١٠	٠,٢٩	٠,٠٨	٥×٣٠	١,٣٤	٠,٤
٣×١٢	٠,٣٢	٠,١	٥×٤٠	١,٧٨	٠,٥٤
٣×١٥	٠,٤	٠,١٢	٥×٥٠	٢,٢٥	٠,٦٨
٣×٢٠	٠,٥٣	٠,١٦	٥×٦٠	٢,٦٧	٠,٨١
٣×٢٥	٠,٦٧	٠,٢	٥×٨٠	٢,٨٤	٠,٨٦
٣×٣٠	٠,٨	٠,٢٤	٦×٥٠	٢,٦٧	٠,٨١
٣×٤٠	١,٠٧	٠,٣٢	٦×٦٠	٣,٢	٠,٩٧
٤×١٠	٠,٣٧	٠,١١	٦×٨٠	٤,٢٧	١,٣
٤×١٢	٠,٤٣	١,١٣	٦×١٠٠	٥,٣٤	١,٦٢
٤×١٥	٠,٥٣	٠,١٨	٨×٦٠	٤,٢٧	١,٣
٤×٢٠	٠,٧	١,٢٢	٨×٨٠	٥,٧	١,٧٣
٤×٢٥	٠,٨٩	٠,٢٧	٨×١٠٠	٧,١٢	٢,١٦
٤×٣٠	١,٠٧	٠,٣٢	٨×١٢٠	٨,٥٤	٢,٦
٤×٤٠	١,٤٢	٠,٤٣	١٠×٨٠	٧,١٢	٢,١٦
			١٠×١٠٠	٨,٩	٢,٧
			١٠×١٢٠	١٠,٦٨	٣,٢٤
			١٢×١٢٠	١٢,٨	٣,٨٨
القضبان المستديرة					
٦	٠,٢٥	٠,٠٨	١٢	١,٠٢	٠,٣١
٨	٠,٤٥	٠,١٤	١٦	١,٨١	٠,٥٤
١٠	٠,٧١	٠,٢١	٢٠	٢,٨٢	٠,٨٥

البند ١٣ – نحاس الموحدات . الفراشى (الفحم الكهربائى)

تصنع صفائح التوحيد فى موحدات المكنات الكهربائية العاملة بالتيارين المتناوب والمستمر ، من الشرائط النحاسية المدرفلة بمقطع عرضى معين . ويتم عادة انتاج هذه الشرائط بطول ١,٥ م وأكثر وبمختلف المقاطع القياسية . وينفذ المقطع العرضى لنحاس التوحيد بحيث تشكل صفائح التوحيد المصنوعة منه عند التجميع موحدا دائريا .

وفى السنوات الاخيرة يستخدم لتصنيع صفائح التوحيد نحاس يحتوى على الكادميوم الذى يرفع المتانة الميكانيكية للنحاس ويساهم فى انقاص تولد الشرر اثناء عمل الموحد .

وتستخدم الفراشى لايصال التيار وسحبه من الموحدات وحلقات التماس فى المكنات الكهربائية . ومن المواد الاساسية التى تصنع منها الفراشى نذكر الغرافيت والفحم والهباب والكوك والراتنج ومسحوق النحاس . ويجب ان تمتاز الفراشى بموصلية كهربائية وحرارية كافيتين ، وكذلك يجب ان تتمتع بصمود كيميائى جيد .

وتقسم الفراشى المصنوعة الى ٤ مجموعات : فحمية – غرافيتية (T) ، وغرافيتية (Γ) ، وكهربائية غرافيتية (ЭΓ) ، ونحاسية – غرفيتية (M ، MΓ ، MΓC) ، وهى تتمتع بخواص وموصفات مختلفة تبعا لموادها وتكنولوجيا تصنيعها ، هذا بالاضافة الى ان الفراشى ذات ابعاد قياسية مختلفة .

ان الاختيار الصحيح لماركة الفراشى ذو اهمية كبيرة ، لأنه يؤثر الى حد كبير على ضمانية عمل المكنة الكهربائية وخاصة ذات الموحد .

ويورد الجدول ٣ مواصفات لبعض ماركات الفراشى الكثيرة الاستخدام ، ومجالات استخدامها .

البند ١٤ – المونة والصهور

تستخدم لوصل النواقل النحاسية والالومينية بلحام المونة ، مركبات معدنية خاصة تدعى بالمونة التى تقسم تبعا لدرجة حرارة انصهارها ومتانتها الميكانيكية الى مونة سهلة الانصهار (طرية) وصعبة الانصهار (صلدة) . فالمونة اثناء

الجدول ٣

مواصفات بعض ماركات الفراشي المستخدمة في المكنات الكهربائية

ماركة الفراشي	كثافة التيار، أمبير/سم٢	الهبوط الانتقالي للفلطية، فولط	الضغط النوعي، نيوتن/سم٢	السرعة المحيطية م/ثا	مجال الاستخدام
T2 T6	٦	٢	٢–٢,٥	١٠	للمكنات الضخمة (اعلى من ٢٠٠ كيلوواط) بالتوتر حتى ١٠٠٠ فولط، والتحميل الهادئ (ظروف تبديل متوسطة)
Г1	٧	٢,٢	٢–٢,٥	١٢	للمكنات غير الكبيرة (اقل من ١٠ كيلوواط) بالتوتر اقل من ٥٠٠ فولط، والتحميل الهادئ (ظروف تبديل سهلة)
Г3	١١	١,٩	٢–٢,٥	٢٥	
611M	١٢	٢	٢–٢,٥	٤٠	
ЭГ4	١٢	٢	١,٥–٢	٤٠	للمكنات بقدرة من ١٠ حتى ٢٠٠ كيلوواط وأكثر والتوتر حتى ١٠٠٠ فولط وبظروف تبديل متوسطة وصعبة، وكذلك لحلقات التماس
ЭГ8	١٠	٢,٤	٢–٤	٤٠	
ЭГ71	١٢	٢,٢	٢–٢,٥	٤٠	
ЭГ74	١٥	٢,٧	١,٧٥–٢,٥	٥٠	
M1	١٥	١,٥	١,٥–٢	٢٥	للمولدات المنخفضة الفلطية (اقل من ٤٨ فولط) وكذلك لحلقات التماس
M3	١٢	١,٨	١,٥–٢	٢٠	
M6	١٥	١,٥	١,٥–٢	٢٥	
M20	١٢	١,٤	١,٥–٢	٢٠	للمولدات المنخفضة الفلطية (أقل من ٤٨ فولط) ولحلقات التماس
MГ	٢٠	٠,٢	١,٨–٢,٣	٢٠	
MГ2	٢٠	٠,٥	١,٨–٢,٣	٢٠	
MГ4	١٥	١,١	٢–٢,٥	٢٠	
MГ64	٢٥	٠,٥	١,٥–٢	٢٥	
MГC5	١٥	٢	٢–٢,٥	٢٥	

مواصفات بعض انواع المونة الطرية

الماركة	التركيب، النسبة المئوية للكتلة	درجة حرارة الانصهار، °م	اجهاد التحطم للشد نيوتن/سم۲	مجال الاستخدام
ПОС-90	قصدير – ۹۰، انتيمون – أقل من ۰٫۱۵، شوائب – اقل من ۰٫۲۳، الباقى رصاص	۲۲۲	٤۳	لحام الاسلاك النحاسية والموحدات، عندمايحتاج الامر الى موصلية كهربائية عالية، وسيولة المونة
ПОС-61	قصدير – ٦۱، انتيمون – اقل من ۰٫۸، شوائب اقل من ۰٫۲٥، الباقى رصاص	۲۳۰	٦۰–۷۰	لحام الاسلاك النحاسية ذات المقطع الصغير والموحدات
ПОС-40	قصدير – ٤۰، انتيمون – ۲، شوائب – اقل من ۰٫۲٥ الباقى رصاص	۲۳٥	۳۲	لحام الاسلاك النحاسية للملفات
ПОС-30	قصدير – ۳۰، انتيمون – اقل من ۲، شوائب – اقل من ۰٫۳، الباقى رصاص	۲٥٦	۳۳	لحام اطراف الاسلاك النحاسية عند الكثافات القليلة للتيار
ПОС-18	قصدير – ۱۸، انتيمون – اقل من ۲، شوائب – اقل من ۰٫۳، الباقى رصاص	۲۷۷	۲۸	نفس الشيء
ПСр-2	فضة – ۲، قصدير – ۳۰، كادميوم – ٥، الباقى رصاص	۲۳٥	۳۸	لحام المنتجات المصنوعة من النحاس والبرونز والفولاذ والنحاس الاصفر
ПСр-2,5	فضة – ۲٫٥، قصدير – ٥٫٥، رصاص – الباقى	۳۰٥	۳٦	لحام الاجزاء المصنوعة من النحاس والبرونز والنحاس الاصفر
ПОССр-15	قصدير – ۱٥، زنك – ۰٫٦، فضة – ۱٫۲٥، رصاص – الباقى	۲۷٦	–	نفس الشيء
Авиа-1	قصدير – ٥٥، كادميوم – ۲۰، زنك – ۲٥	۲۰۰	۷۰	لحام المونة للالومنيوم

تابع الجدول ٤

الماركة	التركيب، النسبة المئوية للكتلة	درجة حرارة الانصهار، °م	اجهاد التحطم للشد نيوتن/سم^2	مجال الاستخدام
Авиа-2	قصدير — ٤٠، كادميوم — ٢٠، زنك — ٢٥، الومنيوم — ١٥	٢٠٠	٧٢	لحام المونة للالومنيوم عند الحاجة الى السيولة العالية للمونة

الجدول ٥

مواصفات لبعض انواع المونة الصلدة

الماركة	التركيب، بالوزن	درجة حرارة الانصهار، °م	اجهاد التحطيم للشد، نيوتن/سم^2	مجال الاستخدام
ПМЦ-36	نحاس — ٣٦، زنك — الباقي	٨٢٥	٢٠٠	لحام المونة للبرونز والنحاس الاصفر بدرجة ٩٥٠°م
ПМЦ-54	نحاس — ٥٤، زنك — الباقي	٨٨٠	٢٦٠	لحام النحاس الاصفر والبرونز والفولاذ، بدرجة ٩٨٠°م
ПСр-70	فضة — ٧٠، زنك — ٤، نحاس — الباقي	٧٣٠	٣٥٠	لحام الملفات المهمة والمصنوعة من النحاس، عند الحاجة لتأمين موصلية كهربائية عالية للوصلة اللحامية؛ لحام النحاس الاصفر والبلاتين والتنجستين بدرجة ٧٥٥°م
ПСр-45	فضة — ٤٥، زنك — ٢٥، نحاس الباقي	٧٢٠	٣٠٠	نفس ما ورد بالنسبة للمونة ПСр-70 بالاضافة الى لحام الاجزاء المصنوعة من الفولاذ عديم الصدأ، درجة حرارة اللحام ٧٨٠°م
МФ-1	فوسفور — ٨،٥ — ١٠، نحاس — الباقي	٧٢٥ — ٨٥٠	١٨٠	لحام الملفات النحاسية للاعضاء الدوارة والساكنة، وتفريعات المحولات

اللحام تكون فى حالة الانصهار المائعة ، حيث تبلل سطح الموصلين المراد لحامهما ، فتملأ المسام فى مكان الاتصال وتخترق الموصلين المراد لحامهما (تنتشر) . وبعد تجمد المونة تتشكل طبقة الوصل الانتقالية بين السلكين الموصلين .

ومن انواع المونة الطرية السهلة الانصهار نذكر المونة القصديرية — الرصاصية الحاوية على الانتيمون بالاضافة الى القصدير والرصاص . وهذه الانواع من المونة تضمن تماسا كهربائيا جيدا بين النواقل المراد وصلها ، غير ان المتانة الميكانيكية ليست كبيرة . ويبين الجدول ٤ المواصفات الفنية لبعض انواع المونة الطرية الكثيرة الاستخدام فى أعمال الاصلاح .

ومن انواع المونة الصلدة والصعبة الانصهار نذكر المونة الفضية والمونة النحاسية — الزنكية ، والنحاسية — الفوسفورية ، وهى تضمن متانة ميكانيكية عالية لوصلة اللحام . ويورد الجدول ٥ مواصفات لبعض الانواع من المونة الصلدة .

هناك مواد خاصة هى الصهورات (fluxes) تستخدم لتنظيف السطوح المراد لحامها بالمونة او باللحام العادى ، من الاوساخ والاكاسيد ، وكذلك لتجنب تأكسدها اثناء اللحام . وتتمتع الصهورات ، فى حالة انصهارها ، بقابلية حل اكاسيد المعادن ، وكذلك زيادة تبلل السطوح المراد وصلها بالمونة المنصهرة ، وهكذا تزيد الصهورات من متانة اللحام بالمونة .

عند لحام وتبييض الاجزاء النحاسية الناقلة للتيار ، بمونة رصاصية — قصديرية ، تستخدم القلفونية الصلبة بمثابة صهور ، وكذلك القلفونية المذابة فى البنزين او الكحول الاتيلى .

وعند استخدام المونة الفضية والمونة النحاسية — الفوسفورية الصلبة ، يستخدم المسحوق المحمص للبورق كمادة صهورة . وبما ان البورق شهى للماء ، لذا يجب حفظه فى اناء زجاجى مغلق بسدادة محكمة .

يبين الجدول ٦ تركيب بعض الصهورات المعقدة ومجالات استخدامها عند اللحام بالمونة الصعبة الانصهار ، كما يبين الجدول ٧ تركيب بعض الصهورات المنتشرة فى استخدامها عند اللحام بالمونة لأسلاك الالومنيوم .

الجدول ٦

بعض انواع الصهورات المستخدمة فى لحام المونة الصلدة

التركيب، النسبة المئوية كتليا	مجال الاستخدام
بورق محمص	لحام المونة للأسلاك والقضبان النحاسية. ويجب ازالة بقايا الصهور
بورق مصهور — ٢١، أنهيدريد البور — ٦٥، فلور الكالسيوم — ١٤	لحام الاسلاك والقضبان النحاسية بمونة نحاسية
انهيدريد البور — ٣٥، فلور البوتاسيوم ٤٢، فلور بورات البوتاسيوم — ٢٣	نفس ماورد عند اللحام بالمونة الفضية
بورق — ٥٨، حمض البوريك — ٤٠، كلور الكالسيوم — ٢	لحام القضبان النحاسية بمونة فضية ومونة من النحاس والزنك

الجدول ٧

تركيب بعض الصهورات المستخدمة فى لحام اسلاك الالومينيوم

الماركة	التركيب، النسبة المئوية كتليا					
	كلوريد البوتاسيوم	كلوريد الصوديوم	كلوريد الباريوم	كلوريد الليتيوم	فلوريد الصوديوم	كريوليت ماركة K-1
KM-1	٤٥	٢٠	٢٠	—	١٥	—
AΦ-4A	٥٠	٢٨	—	١٤	٨	—
BAMИ	٥٠	٣٠	—	—	—	٢٠

ملاحظة : تصنع الصهورات الواردة فى الجدول على شكل معجون صلب ، ولهذا الغرض تصب كمية من الماء من ٣٠ — ٣٥ غرام لكل ١٠٠ غرام من الصهور المسحوقى .

البند ١٥ — الفولاذ الكهربائى

تصنع عادة قلوب الموصلات المغناطيسية فى المكنات والمحولات الكهربائية من الفولاذ الكهربائى الصفائحى الذى يتم تحضيره على شكل

بكرات وصفائح وشرائح مقصوصة ، وتنتج الصناعة أكثر من ٣٠ ماركة منه . وتقسم انواع الفولاذ الكهربائى ، من حيث شكل الدرفلة والحالة البنيوية ، الى ثلاثة أصناف : ١ ـ الفولاذ الكهربائى المدرفل على الساخن ، والايزوتروبى (الذى يتمتع بخواص مغناطيسية واحدة فى جميع الاتجاهات) ؛ ٢ ـ الفولاذ المدرفل على البارد والايزوتروبى ؛ ٣ ـ الفولاذ المدرفل على البارد وغير الايزوتروبى (يتمتع بخواص مغناطيسية مختلفة تبعا لاتجاه المغنطة) .

ويضاف السيليسيوم فى تركيب الفولاذ الكهربائى لتحسين خصائصه . وتبعا لمحتوى السيليسيوم يقسم الفولاذ الكهربائى الى ست مجموعات : المجموعة صفر تحتوى على اقل من ٠,٤٪ من السيليسيوم (فولاذ غير سبائكى) ؛ والمجموعة ١ تحتوى من ٠,٤ حتى ٠,٨٪ من السيليسيوم ؛ والمجموعة ٢ تحتوى من ٠,٨ حتى ١,٨٪ من السيليسيوم ، والمجموعة ٣ تحتوى من ١,٨ حتى ٢,٨٪ ؛ والمجموعة ٤ تحتوى من ٢,٨ حتى ٣,٨٪ من السيليسيوم ، والمجموعة ٥ تحتوى من ٣,٨ حتى ٤,٨ من السيليسيوم . وتتمتع انواع الفولاذ الحاوية على نسبة عالية من السيليسيوم ، بضياع اقل على التيارات الدوامية والتخلف المغناطيسى كما وتتميز بنفاذية مغناطيسية عالية فى المجالات المغناطيسية الضعيفة والمتوسطة . أما انواع الفولاذ الحاوية على نسبة منخفضة من السيليسيوم فهى تمتاز بضياع اكبر للطاقة عند اعادة التمغنط ، غير انها تتمتع بحث (تحريض) أعلى للاشباع .

وتقسم انواع الفولاذ الكهربائى الى خمس مجموعات تبعا للمواصفة التى تؤخذ كمحدد : فبالنسبة للمجموعة صفر يحدد الفقدان النوعى عندما يكون الحث المغناطيسى ١,٧ وتردد اعادة التمغنط ٥٠ هرتز ؛ وللمجموعة ١ يحدد الفقدان النوعى عندما يكون الحث ١,٥ تسلا والتردد ٥٠ هرتز ؛ وللمجموعة ٢ يحدد الفقدان النوعى عندما يكون الحث ١ تسلا والتردد ٤٠٠ هرتز ؛ وللمجموعة ٦ يحدد الحث فى المجال المغناطيسى الضعيف (عندما تكون شدة المجال ٠,٤ أمبير متر) ؛ وللمجموعة ٧ يحدد الحث فى المجالات المغناطيسية المتوسطة عندما تكون شدة المجال ١٠ أمبير متر .

يحتوى رمز الماركة للفولاذ الكهربائى الصفائحى على اربعة أرقام حيث

يدل الرقم الاول على صنف الفولاذ فيما يتعلق بنوع الدرفلة والحالة البنيوية ، ويدل الرقم الثانى على نسبة السيليسيوم ، والرقم الثالث يدل على المجموعة المعينة على اساس الصفة المحددة للفولاذ . والارقام الثلاثة الاولى تعنى نمط الفولاذ بينما يدل الرقم الرابع على رقم التسلسل لهذا النمط .

وتنتج الصناعة فولاذا كهربائيا صفيحيا بسمك مختلف أى من ٠,١ حتى ١ مم (حسب التدرج القياسى للسماكة) .

وتتحدد الخواص المغناطيسية للفولاذ عادة بمنحنيات التمغنط أو بجداول خاصة . هذا ويتم تحديد فقدان الطاقة والذى قد ينجم عن اعادة التمغنط للفولاذ ، حسب مقدار الفقدان النوعى ، أى بمقدار ذلك الفقدان الذى يعادل لكل ١ كغ من الفولاذ ، عند تردد معين لاعادة التمغنط ، مثلا ٥٠ هرتز ، وعندما يكون التوتر (الفلطية) جيبيا .

وتنتج الصناعة الفولاذ الكهربائى الصفائحى مطليا بعازل كهربائى (صامد للحرارة او غير صامد) او غير مطلى بعازل .

وما زال يستخدم الفولاذ الكهربائى المدرفل على الساخن فى الوقت الحاضر اكثر من غيره لتصنيع قلوب الموصلات المغناطيسية للمكنات الكهربائية ذات القدرة المنخفضة والمتوسطة .

وفى الوقت الحاضر تصنع الموصلات المغناطيسية للمحولات فقط من الفولاذ الكهربائى المدرفل على البارد ، حيث انه يمتاز على الفولاذ المدرفل على الساخن بفقدان نوعى اقل وبنفاذية مغناطيسية عالية . وقد أدى استخدام الفولاذ الكهربائى المدرفل على البارد الى رفع مدلولات الطاقة للمحولات المصنوعة (المردود و cos φ) ، والى انقاص أبعادها ووزنها .

اسئلة للمراجعة

١ – اذكر ماركات اسلاك الملفات واسلاك التركيب ، وعدد مجالات استخدامها .

٢ – اذكر مجالات استخدام المونة الطرية والصلدة وما هو الفرق بينهما ؟

٣ – لماذا تستخدم الصهورات عند لحام المونة ؟ وما هى المونة التى تستخدم عادة عند لحام الاسلاك النحاسية بالمونة الطرية ؟

٤ – ما هى اصناف الفولاذ الكهربائى التى تعرفها ؟ وما هو الفرق بينها ؟ وما هو مجال الاستخدام لكل صنف من هذه الاصناف ؟

٥ – كيف تحدد ماركات الفولاذ الكهربائى الصفيحى ؟ وماذا تعنى الارقام الواردة فى رمز ماركة الفولاذ ؟

٦ – لماذا يفضل الفولاذ المدرفل على البارد عند تصنيع الموصلات المغناطيسية للمحولات ؟

الباب الرابع :

المواد العازلة

البند ١٦ – تصنيف المواد العازلة كهربائيا والغاية منها

تقوم المواد العازلة كهربائيا بعزل اجزاء المعدات الواقعة تحت تأثير الفلطية الكهربائية (التوتر الكهربائى) . وتتمتع العوازل بمقاومة كهربائية أكبر بكثير (بعدة آلاف المرات) مما هو عليه فى الموصلات ، اى انها لا تمرر التيار الكهربائى عمليا .

تقسم العوازل الى صلبة وسائلة وغازية . وبما أن العوازل الصلبة متنوعة فانها تنقسم بدورها الى عدة مجموعات فرعية وذلك تبعا لتركيبها الكيميائى وبنيتها وخصائصها الاخرى .

وتحافظ المواد العازلة على خواصها حتى فى مجالات كهربائية قوية ، اى انها تتمتع بخواص عزل جيدة . غير انه اذا كانت شدة توتر المجال الكهربائى تفوق حد المتانة الكهربائية للعازل ، فانه يحصل الخرق ، اى تحطم العازل ، مما يؤدى الى فقدانه خواص العزل الكهربائى فى مكان الاختراق . فالفلطية (التوتر) التى يحصل عندها اختراق العازل ، تدعى بفلطية الاختراق ، كما وتدعى القيمة المطابقة لشدة توتر المجال الكهربائى بالمتانة الكهربائية للعازل .

وتقسم العوازل من حيث تركيبها الكيميائى الى عضوية وغير عضوية . ومن أكثرها صمودا للحرارة ، اى القادرة على الحفاظ على خواصها العازلة عند الاحماء ، هى العوازل غير العضوية (الميكا ، والاسبستوس وغيرهما) .

ويجب ان تتمتع المواد العازلة كهربائيا ، بالاضافة الى المتانة الكهربائية ،

بتلك الخواص التى تضمن عملها لمدة طويلة فى المحولات والمكنات الكهربائية ، وبالدرجة الاولى هى الصمود ضد الاحماء ، والمتانة الميكانيكية والمرونة والصمود ضد الزيت والرطوبة ، كما ويجب ان تتوفر فيها عند الضرورة خواص الصمود الكيميائى والصمود ضد الصقيع ، وغير ذلك .

ان خاصية الصمود ضد الحرارة هى مقدرة المادة العازلة على تنفيذ مهامها تحت تأثير درجة الحرارة العاملة . وذلك خلال الزمن الذى يمكن مقارنته مع المدة المحسوبة للاستثمار الطبيعى للمعدات الكهربائية ، التى تستخدم فيها المادة العازلة المعطاة .

وتقسم المواد العازلة حسب صمودها ضد الحرارة الى سبعة اصناف (الجدول رقم ٨) .

غالبا ما تستخدم المواد العازلة من الصنف A فى المكنات الكهربائية السابقة الصنع ، وكذلك فى المحولات ، بحيث يجب أن لا ترتفع درجة الاحماء الحدية لهذا الصنف من العوازل عن ١٠٥°م . بينما تستخدم بشكل واسع فى المكنات الكهربائية العصرية المواد العازلة من الاصناف E ، B ، F ، H الصامدة للحرارة .

البند ١٧ — المواد العازلة الليفية

تستخدم فى المكنات الكهربائية والمحولات المواد الليفية التالية : الخيوط القطنية والحريرية والاصطناعية (لافسان) والغزل والنسيج ، وكذلك انواع مختلفة من الكرتون والورق مصنوعة من الياف الخشب والقطن بعد معالجتها كيميائيا ، وكذلك الكرتون الكهربائى (العازل كهربائيا) ونذكر منها بصورة خاصة ورق الكابلات وورق الهاتف والورق المقوى وكذلك الكرتون الكهربائى .

ورق الكابلات من الماركات K-080 ، K-120 ، K-170 : وتنتجه الصناعة على شكل بكرات بعرض ٥٠٠ ، ٦٥٠ و ٧٥٠ مم ، وبسماكة ٠,٠٨ : ٠,١٢ ؛ ٠,١٧ مم . وتعادل المتانة الكهربائية للورق الجاف ٧ — ٩

الجدول ٨

صمود المواد العازلة ضد الحرارة

صنف المواد حسب الصمود ضد الحرارة	درجة الحرارة، °م *	مواصفات المواد العازلة، الموافقة للصنف المعنى حسب صمود ضد الحرارة * *
١	٢	٣
Y	٩٠	المواد الليفية من السليلوز والقطن والحرير، غير المشربة او غير الغاطسة فى مادة عازلة سائلة، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف ومركبات اخرى من المواد
A	١٠٥	المواد الليفية من السليلوز والقطن والحرير ، المشربة او الغاطسة فى مادة عازلة سائلة، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف ومركبات اخرى من المواد
E	١٢٠	بعض الاغشية العضوية التركيبية، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد
B	١٣٠	المواد المصنوعة على اساس الميكا (بما فى ذلك على اساس المواد العضوية)، والاسبستوس والالياف الزجاجية، المستخدمة مع مواد عضوية للربط او للتشريب، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد
F	١٥٥	المواد المصنوعة على اساس الميكا والاسبستوس والالياف الزجاجية، تستخدم سوية مع المواد الاصطناعية للربط او التشريب؛ وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد

* لقد اعتمدت درجات الحرارة الواردة فى الجدول على انها درجات حدية مسموح بها عند استخدام المواد العازلة لمدة طويلة (خلال عدة سنوات) فى المكنات الكهربائية والمحولات والاجهزة العاملة فى ظروف استثمار طبيعية .

يجب أن لا ترتفع درجات الحرارة فى أسخن مكان من العازل عن درجات الحرارة الحدية المسموح بها عند عمل المعدات بالنظام المقدر .

** يسمح بالاستخدام المشترك مع المواد العازلة من هذا الصنف ، مواد عازلة مأخوذة من الاصناف السابقة ، على شرط انه يجب ان لا تتغير الخواص الميكانيكية والكهربائية للعازل المركب ، بحيث تجعل العازل غير صالح للاستثمار خلال فترة طويلة .

١	٢	٣
H	١٨٠	المواد المصنوعة على اساس الميكا والاسبستوس والالياف القطنية، تستخدم سوية مع المواد العضوية السليكونية للربط او التشريب، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد
C	اعلى من ١٨٠	الميكا، السيراميك، الزجاج، الكوارتز، وهى تستخدم بدون مواد ربط او مع مواد رابطة غير عضوية او مع مواد رابطة تحتوى على عنصر عضوى، وكذلك المواد الاخرى المطابقة لهذا الصنف، ومركبات اخرى من المواد

كيلوفولط/مم ، وللورق المشرب بزيت المحولات ٧٠ — ٩٠ كيلوفولط/مم ، أما الكتلة الحجمية لورق الكابلات فتبلغ ٠٫٨ غرام/سم ٣ .

ويستخدم ورق الكابلات بين الطبقات فى ملفات المحولات والمكنات الكهربائية ، وكذلك لتصنيع مختلف الاجزاء العازلة كهربائيا .

ورق الهاتف ماركة KT-04 و KT-05 ، **تنتجه الصناعة بسماكة ٠٫٠٤ و ٠٫٠٥ مم على شكل بكرات عرضها ٥٠٠ مم . وتعادل كثافته النوعية ٠٫٨ غرام/سم ٣ ، ويستخدم لعزل اللفات فى الملفات ، وبصفة عازل بين طبقات الملفات .**

الورق المقوى ماركة ЭКТ ، **تنتجه الصناعة على هيئة شريط عرضه ١٢ ، ١٥ ، ٢٠ ؛ ٢٥ ، ٣٠ ، ٤٠ مم ، وكذلك على هيئة بكرات عرضها ٥٠٠ ، ٦٥٠ و ٧٥٠ مم . ويمكن ان يزداد طول الورقة الاولى بمقدار ٦٥ — ٧٠٪ ، بسبب تواجد التجعدات العرضية . وتعادل المتانة الكهربائية ١٥ كيلوفولط/مم ، والكثافة النوعية ٠٫٢٣ غرام/سم ٣ .**

الكرتون العازل كهربائيا ماركة A ، Б ، B ، Γ **مخصص للاجهزة** المملوءة بالزيت ، ولذا يعتبر كمادة أساسية لعزل بعض الاقسام فى المحولات المملوءة بالزيت . ومن حيث صمود الكرتون للحرارة فانه ينتمى الى الصنف

A (١٠٥°م) . وتتعلق المتانة الكهربائية للكرتون بسماكته وهى تعادل فى الهواء ٧ — ١٥ كيلوفولط/مم ، اما فى زيت المحولات الساخن (عند الدرجة ٩٠° م) وبعد التجفيف الاولى بالتفريغ والاشراب بزيت المحولات الجاف عند درجة (١٠٠ ∓ ٥°م) فان المتانة الكهربائية تصبح من ٣٠ الى ٥٥ كيلوفولط/مم . وتعادل الكتلة الحجمية حوالى ١ غرام/سم٣ .

ويخصص الكرتون الكهربائى ماركة A لتحضير اجزاء العازل الرئيسى فى المحولات المملؤة بالزيت والعاملة بفلطية تصل حتى ٧٥٠ كيلوفولط . وهو يصنع بسماكة ٢ — ٢،٥ ، ٣ مم وقياس الالواح : ٢٠٠٠×٤٠٠٠ ، ٣٠٠٠×٢٠٠٠ ، ١٥٠٠×١٠٠٠ ، ١٠٠٠×١٠٠٠ مم (يعادل البعد الثانى قياس الاتجاه الطولى للألياف) .

يتميز الكرتون الكهربائى Б بصلادة متوسطة ، وبمواصفات كهربائية عالية ، ويستخدم لتصنيع اجزاء العازل الرئيسى فى المحولات المملوءة بالزيت والعاملة لفلطية تصل حتى ٢٢٠ كيلوفولط ، ويصنع بسماكة ١ ، ١,٥ ، ٢ ، ٢,٥ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ مم بنفس الابعاد لالواح الكرتون ماركة A.

ويتمتع الكرتون الكهربائى ماركة B بصلادة عالية وهو ضعيف الانضغاط ، ويخصص لتحضير اجزاء العزل الطولية فى المحولات المملوءة بالزيت . وهو يصنع بنفس الابعاد للالواح والسماكات مثل الماركة A .

اما الكرتون الكهربائى ماركة Г فيتمتع بمقاومة عالية للانفصال الى طبقات ، ويعتبر اساسا لتصنيع الاجزاء العازلة الملصقة فى المحولات المملوءة بالزيت . وهو يصنع بسماكة ٠,٥ ، ١ ، ١,٥ ، ٢,٥ و ٣ مم . وابعاد الالواح هى : للسماكة ١ مم تعادل ٨٥٠×١١٠٠ ، ٨٥٠×١٠٠٠ ، ٨٥٠ — ٨٥٠ مم ، وللسماكة التى تفوق ١ مم تعادل ١٨٥٠×٣٨٥٠ ، ١٦٥٠×٣٨٠٠ ، ٨٥٠×١١٠٠ ، ٨٥٠×١٠٠ ، ٨٥٠ — ٨٥٠ مم . وتنتج الصناعة الكرتون ماركة Г بسماكة ٠,٥ مم على شكل بكرات عرضها ٩٨٠ — ١٢٥٠ مم .

البند ١٨ ــ المواد العازلة الغشائية

ان المواد العازلة الغشائية عبارة عن أغشية رقيقة ومرنة (من ٣٠ حتى ٣٥٠ ميكرون) . تتمتع عادة بمرونة كبيرة ومقاومة للحرارة والرطوبة ، كما وتمتاز بالمتانة الكهربائية .

تنتج العوازل الغشائية عادة من عوازل اصطناعية بوليميرية . ويؤدى استخدام المواد العازلة الغشائية لعزل المجارى فى المكنات الكهربائية ، الى انقاص سماكة العازل ، وبالتالى الى انقاص كتلة المكنات الكهربائية وأبعادها . وأكثرها انتشارا هى اغشية مصنوعة من البولى اميدات والبولى فينيل كلوريد والبولى تريفلور ايتيلن . مع العلم بان الأغشية المصنوعة من البولى أميد تتميز بمقاومة عالية للحرارة (١٢٠°م) ، والاغشية المصنوعة من البولى فينيل كلوريد تتمتع بالمرونة والصمود أمام الزيت والمواد الحالّة ، واغشية بولى تريفلور ايتيلن تتمتع بعدم اشتعالها ومتانتها العالية . وتعادل الكثافة النوعية للاغشية ٠,٠١ ــ ٠,٠٤ غرام/سم ٣ .

البند ١٩ ــ الانسجة العازلة للكهرباء المشربة باللك

ان الانسجة العازلة المشربة باللك (اللكر أو الورنيش) هى عبارة عن مواد مرنة تتألف من قماش قطنى او حريرى او قماش من النايلون أو قماش زجاجى ؛ مشرب باللك او باى مركب سائل آخر عازل للتيار الكهربائى . وهكذا ؛ فان اللك أو مركب التشريب الآخر ، يشكل عند تجمده غشاء رقيقا يضمن خواص العزل لدى هذه الانسجة المشربة .

تقسم الانسجة المشربة باللك تبعا لنوع النسيج الاساسى الى انسجة قطنية وحريرية ونايلونية وزجاجية . وتستخدم للتشريب مواد مثل اللك الزيتى واللك الزيتى ــ الزفتى ، واللك العضوى السليكونى وكذلك المينا العضوى السيليكونى ومحاليل الكاوتشوك السليكونى العضوى ، وغيرها .

وتتمتع الأنسجة الحريرية والنايلونية باعلى مرونة وقابلية للشد ، غير انها مثل الانسجة القطنية لا تصمد لدرجة حرارة تفوق ١٠٥° م (صنف

الصمود للاحماء هو الصنف A) . بينما الانسجة الزجاجية المشربة باللك تتمتع بصمود اعلى للحرارة : فاذا تشربت باللك الزيتى ــ الزفتى (ЛСБ) مثلا ، فانها تستطيع ان تعمل بتسخين حتى ١٣٠ °م ، واذا تشربت بالمركب العضوى السليكونى فانها تصمد حتى ١٨٠ °م ، كما وتتمتع الانسجة الزجاجية بمقاومة كبيرة للرطوبة .

تستخدم الانسجة المشربة باللك لعزل اللفات والمجارى بعازل مرن ، ولعزل الاقسام الجبهية لملفات المكنات الكهربائية ، ولعزل الملفات والاجزاء الموصلة للتيار فى المحولات ، وبمثابة تساميك متنوعة عازلة وغيرها . وعند القيام بعزل العناصر الموصلة للتيار ذات الشكل غير المنتظم ، تستخدم الانسجة المشربة باللك بعد قصها على شكل أشرطة .

ويتم تصنيع الانسجة المشربة باللك ، بعرض ٧٠٠ ــ ١٠٠٠ مم على هيئة بكرات تحتوى على ٤٠ ــ ١٠٠ متر من النسيج . وبالاضافة الى ذلك يتم تصنيع الشريط اللاصق من العازل الزجاجى ، الذى يستخدم لعزل الاسلاك والملفات العاملة بدرجة حرارة اقل من ١٨٠ ° م لمدة طويلة ، وذلك على هيئة بكرات صغيرة بقطر ١٥٠ ــ ١٧٥ مم وعرض من ١٠ الى ٣٠ مم .

ويبين الجدول ٩ المواصفات الاساسية لاكثر الانسجة المشربة باللك انتشارا .

البند ٢٠ ــ المواد العازلة المصنوعة من الميكا

تستخدم فلزات (minerals) الميكا الطبيعية بشكل رئيسى من اجل العزل الكهربائى ، مثل الموسكوفيت والفلوهوبيت ، وفى العديد من الحالات تستخدم الميكا الاصطناعية مثل الفلوهوبيت الفلورى .

وتتألف المواد العازلة المصنوعة على اساس الميكا من وريقات الميكا بسماكة ٦ الى ٤٥ ميكرون وأكثر الملصقة مع بعضها بواسطة الراتنج او اللك اللاصق . وتستخدم الميكا الملصقة لعزل الموحدات ، وكذلك لعزل ملفات المكنات الكهربائية ، حيث يحتاج تصميمها الى مقاومة الاحماء

الجدول ٩

الانسجة العازلة المشربة باللك

التصنيف حسب مادة الاساس	ماركة النسيج المشرب	مادة التشريب	السماكة، مم	الخواص المميزة
النسيج القطني	ЛХМ-105	لك زيتي	١٥و٠–٣و٠	ذو مواصفات اعتيادية
	ЛХМС-105	لك زيتي	١٧و٠–٢و٠	ذو مواصفات محسنة
	ЛХММ-105	لك زيتي	١٧و٠–٢٤و٠	نفس الشيء، مع الصمود للزيت
	ЛХБ-105	لك زيتي – زفتي	١٧و٠–٢٤و٠	نفس الشيء، مع الصمود للرطوبة
النسيج الحريري	ЛШМ-105	لك زيتي	٠٨و٠–١٥و٠	ذو مواصفات كهربائية محسنة
	ЛШМС-105	لك زيتي	٠٤و٠–١٥و٠	نفس الشيء، ولكن بسماكة أقل
النسيج النايلوني	ЛКМ-105	لك زيتي	١و٠–١٥و٠	ذو مرونة فائقة
	ЛКМС-105	لك زيتي	١و٠–١٥و٠	غير انه ينقص اكثر عند الاحماء
النسيج الزجاجي	ЛСБ-120/130	لك زيتي – زفتي	١١و٠–٢٤و٠	صامد للرطوبة
	ЛКС-155/180	لك سليكوني عضوي	١١و٠–٢و٠	صامد للتسخين
	ЛСКЛ-155	لك سليكوني عضوي	١٢و٠–١٥و٠	لاصق
	ЛСММ-105/120	لك زيتي	١٧و٠–٢٤و٠	صامد للزيوت
	ЛСМ-105/120	لك زيتي	١٥و٠–٢٤و٠	غير صامد للزيوت
	ЛСКР-180	محلول الكاوتشوك СКГ	١١و٠–٢٠و٠	صامد للحرارة
	ЛСЛ-105/120	محلول اللثى	١٥و٠–٢٤و٠	—
	ЛСК-5	مينا نصف ناقل	١٥و٠–٢٠و٠	النسيج الزجاجي النصف ناقل ذو مقاومة نوعية ضئيلة. وهو يستخدم لتعديل المجال الكهربائي في الاجهزة والمكنات الكهربائية

ملاحظة : تدل الاحرف الواردة في الماركات على ما يلي : الحرف الاول Л يدل على نسيج مشبع باللك ؛ والحرف الثاني يدل على مادة الاساس؛ X – نسيج قطني، Ш – نسيج حريري ؛ K – نايلون ، C – نسيج زجاجي ؛ ويميز الحرف الثالث مواصفات مادة التشريب : M – لك زيتي ، Б – لك زفتي ، K – لك عضوي سليكوني ، Л – لاتكس ؛ ويدل الحرف الرابع على المواصفات الاضافية للنسيج المشرب باللك : M – صامد للزيوت ، Л – لاصق، وهكذا دواليك. وتدل الارقام على درجة الحرارة الموافقة لصنف درجة الصمود للحرارة.

(حتى ١٨٠° م) ، اى تلك المكنات التى تعمل فى ظروف درجات الحرارة العالية للوسط المحيط ، وفرط التحميل المتكرر .

ويعتبر الميكانيت ، وهو عازل من صفائح الميكا واللك ، أحد أهم المواد العازلة المصنوعة من الميكا ، ومن انواعه الاساسية الميكانيت الخاص بالموّحدات والتساميك والتشكيل ، والميكانيت المرن .

وتنتمى انواع الميكانيت الخاصة بالموحدات والتساميك الى مجموعة الميكانيت الصلب ، اما الانواع التشكيلية والمرنة (الميكانيت الزجاجى ، وشريط الميكا ، ونسيج الميكا) فهى تنتمى الى الميكا العازلة المرنة .

تصنع انواع الميكانيت المستخدمة للموحدات من رقائق الميكا فلوغوبيت ، التى تلصق مع بعضها بواسطة الراتنج القلوى او الراتنج الألكيلى .

ويصنع الميكانيت الخاص بالتساميك من رقائق الميكا موسكوفيت او فلوغوبيت ، الملصقة بواسطة الراتنج الالكيلى او القلوى ، ومن ثم تتعرض للضغط تحت درجة حرارة تعادل ١٥٠ — ١٧٠° م .

أما الميكانيت التشكيلى ، فهو عبارة عن الواح يمكن تشكيلها بسهولة فى الحالة الساخنة ، وهو يستخدم لتصنيع اطواق الموحدات ومختلف الاجزاء ذات البروفيل التشكيلى .

والميكانيت المرن هو عبارة عن مواد مصنوعة من عدة طبقات من الميكا (موسكوفيت وفلوغوبيت) على هيئة الواح او ملفات ، وهى ملصقة بواسطة الراتنج الالكيلى او القلوى او العضوى — السليكونى ، من جهة واحدة او من الجهتين ، على الورق او النسيج الزجاجى او النسيج القطنى . وتمتاز انواع الميكانيت المرن عن الميكانيت الصلب والميكانيت التشكيلى ، بالمرونة عند درجات الحرارة الاعتيادية ويحافظ عليها الميكانيت بعد الاحماء والتبريد . وتستخدم هذه الانواع من الميكانيت لعزل مختلف الملفات فى المجارى والمناطق الجبهية ، ولعزل التساميك وغيرها .

ويعتبر شريط الميكا احد انواع الميكانيت المرن ، ويتألف هذا الشريط من صفائح الميكا الملصقة على قاعدتين من ورقة الميكا او الشريط الزجاجى (شريط ميكا زجاجى) . وتعادل سماكة شريط الميكا ٠,١٢ او ٠,١٧

مم ، وهو يستخدم بشكل رئيسى لعزل الملفات العالية الفلطية . وينتمى شريط الميكا ، من حيث الصمود للحرارة ، الى الاصناف B و F او H ، وذلك تبعا لمادة القاعدة التى تلصق عليها صفائح الميكا ، وتبعا للمادة اللاصقة . ويتم تصنيع شريط الميكا بشكل ملفوف على هيئة بكرات تبعا فى علب من التنك ، مغلقة باحكام . ويجب استعمال الشريط المأخوذ من العلبة ، على الفور ، وذلك لأنه يجف بسرعة فى الهواء ويصبح غير صالح للعمل .

تمتاز المواد العازلة كهربائيا ، المصنوعة على اساس الميكا ، بخواص كهربائية عالية ، وبصمود للحرارة والرطوبة ، وبمتانة ميكانيكية . وهى تستخدم لعزل قلوب الاعضاء الدوارة ، بمثابة عازل المجارى وبين الاطوار ، وكتساميك عازلة ، ولتصنيع الاطواق فى الموحدات ، وبصفة عوازل بين صفائح الموحدات ، وفى العديد من الحالات التى يجب ان يمتاز العازل فيها بخصائص عالية من الصمود للحرارة والمتانة الكهربائية .

ومن الصعب جدا تصنيع المواد العازلة على اساس شرائح الميكا الرقيقة ، ولا يمكن مكننة عملية التصنيع بما فيه الكفاية ، وذلك لأنه يتطلب تقطيع الميكا الى شرائح رقيقة ، وقياسها بدقة والصاقها على الطبقات بشكل منتظم .

وفى الوقت الحاضر تستخدم بشكل واسع ، تلك المواد العازلة التى لا تستعمل فيها صفائح الميكا ، بل قشورها الرقيقة ، التى يتم الحصول عليها بالتنعيم الميكانيكى . وتصنع منها اوراق الميكا التى تستعمل كقاعدة لتحضير العديد من المواد العازلة الشبيهة بالميكانيت . وبواسطة المواد الرابطة والاساس الزجاجى ، يتم الحصول على الميكانيتيك التشكيلى والميكانيتيك المستخدم فى الموحدات ، وغيرها من المواد العازلة ، التى تحل تماما محل انواع الميكانيت ، وهى فى الوقت ذاته ارخص بكثير واسهل فى التصنيع من المواد العازلة المصنوعة على اساس شرائح الميكا .

وتصنع من قشور الميكا الأكبر حجما ، مواد الميكا العرقية ، وهى شبيهة بالميكانيتيك ، ولكنها تتمتع بخواص ميكانيكية أعلى (الميكا العرقية المستخدمة فى الموحدات ، وللاغراض التشكيلية وغيرها) . وهذه المواد

تضاهى من حيث خواصها الكهربائية الانواع المطابقة لها من الميكانيت ، ولكنها تفوق عليها من حيث المرونة ، ولهذا فانها تستخدم بشكل واسع كعوازل حديثة .

البند ٢١ – المواد العازلة البلاستيكية العديدة الطبقات

غالبا ما تستخدم فى المكنات والاجهزة الكهربائية ، المواد البلاستيكية العديدة الطبقات ، بصفة مواد عازلة . وهى تتألف من طبقات متتابعة من الحشوة الصفيحية (ورق او قماش) ، والمادة الرابطة (راتنجات باكليتية او سليكونية – عضوية) .

وتتمثل المواد البلاستيكية العديدة الطبقات بشكل رئيسى بالبلاستيك الرقائقى والبلاستيك القماشى (تكستوليت) ، والبلاستيك القماشى – الزجاجى .

وتستخدم فى المواد العازلة العديدة الطبقات ، بصفة حشوة ، انواع خاصة من الورق المشرب (البلاستيك الرقائقى) ، وكذلك الاقمشة القطنية (التكستوليت) ، والاقمشة الزجاجية غير القلوية (التكستوليت الزجاجى) .

ويتم تجميع الحشوة الصفيحية بعد تشريبها وتجفيفها ، على هيئة رزم ذات سماكة معينة ، ثم تتعرض الى الضغط والحرارة فى المكابس الهيدرولية .

وتتمتع الأقمشة الزجاجية البلاستيكية المترابطة بالمواد العضوية – السليكونية ، بافضل صمود ضد الحرارة ، وبافضل الخواص الكهربائية .

وفى العديد من الحالات ، تستخدم بصفة مواد صلبة وعازلة كهربائيا ، المواد البلاستيكية العديدة الطبقات مثل التكستوليت المشبع بالاسبستوس وخشب الدلتا . وترد فى الجدول ١٠ ، الابعاد الأساسية للمواد العازلة البلاستيكية العديدة الطبقات ، وأماكن إستخدامها .

البند ٢٢ – مركبّات التشريب العازلة كهربائيا

هى مواد تكون سائلة عند استخدامها ، ثم تتجمد وتصبح صلبة فى حالة العمل . وتتمتع هذه المركبات بصمود عال ضد الماء ، وبخواص

الابعاد الاساسية للمواد البلاستيكية العازلة ، والعديدة الطبقات ، واماكن استخدامها

المادة	الماركة	السماكة المقدرة للألواح ، مم	مساحة الالواح ، مم^{2}	الغاية الاساسية للاستخدام
١	٢	٣	٤	٥
البلاستيك الرقائقى	I	٠,٢—٠,٥؛ ٠,٦—١,٢؛ ١,٣—١,٩؛ ٢—٣,٥؛ ٣,٨—٦,٣؛ ٦,٥—٩,٥؛ ١٠—١٢,٥؛ ١٣—١٧؛ ١٨—٢٥؛ ٢٦—٣٣؛ ٣٤—٤١؛ ٤٢—٥٠	٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ٩٣٠×٧٠٠ ١٠٣٠×٩٣٠ ١٤٣٠×٤٣٠	للعمل فى الهواء، وفى الظروف المناخية المعتدلة ، وبتردد قدره ٥٠ هرتز ، وفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط، أو للعمل فى زيت المحولات
	II	نفس السماكات، كما فى الماركة I، ولكنها تبدأ من ٠,٤	٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ٩٣٠×٧٠٠ ١٠٣٠—٩٣٠ ١٤٣٠×٩٣٠ ٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ٩٣٠×٧٠٠ ١٠٣٠×٩٣٠ ١٤٣٠×٩٣٠ ٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ٩٣٠×٧٠٠ ١٠٣٠×٩٣٠ ١٤٣٠×٩٣٠ ٧٠٠×٥٥٠ ٩٣٠×٦٥٠ ١٣٠×٩٣٠ ١٤٣٠×٩٣٠	للعمل فى الهواء، وفى الظروف المناخية المعتدلة وتردد قدره ٥٠ هرتز وفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط، وللعمل فى زيت المحولات، مع تسامح أوسع من حيث السماكة ، بالمقارنة مع الماركة I، ولا توجد حدود لتشوه الاعوجاج
	III	٥—٧,٥؛ ٨—١١؛ ١١,٥—١٤؛ ١٥,٥—٢٠؛ ٢١—٢٨؛ ٢٩—٣٦؛ ٣١—٥٠		للعمل فى الظروف العالية الرطوبة، وتردد قدره ٥٠ هرتز ، وفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط

(تتمة الجدول ١٠)

١	٢	٣	٤	٥
	IV	٢—٦,٥ ؛ ٧—١٠ ؛ ١٠,٥—١٣ ؛ ١٣,٥—١٨ ؛ ١٩—٢٦ ؛ ٢٧—٣٤ ؛ ٣٥—٤٠ ؛ ٤٢—٥٠	٥٥٠×٧٠٠ ٦٥٠×٩٣٠ ٧٠٠×٩٣٠ ٩٣٠×١٠٣٠ ٩٣٠×١٤٣٠	للعمل في الهواء وفى الظروف المناخية الاستوائية الرطبة، وتردد قدره ٥٠ هرتز، وفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط، وللعمل فى زيت المحولات
	V—I V—II	نفس السماكات الموجودة بالنسبة للماركة III	٥٥٠×٧٠٠ ٦٥٠×٩٣٠ ٧٠٠×٩٣٠ ٩٣٠×١٠٣٠ ٩٣٠×١٤٣٠	للعمل فى زيت المحولات، وتردد قدره ٥٠ هرتز، وفلطية تزيد عن ١٠٠٠ فولط، او للعمل فى الهواء فى ظروف مناخية معتدلة
التكستوليت	A	٠,٥ —١,٢ ؛ ١,٤—٢,٥ ؛ ٣—٥,٥ ؛ ٦—١٠ ؛ ١٠,٥—١٨ ؛ ١٩—٢٨ ؛ ٣٠—٣٨ ؛ ٤٠—٥٠	لا تقل عن ٤٥٠×٦٠٠	للعمل فى زيت المحولات او فى الهواء، عند تردد قدره ٥٠ هرتز، وحيث يتطلب الامر توفر خصائص كهربائية عالية
	Б	نفس السماكات الواردة بالنسبة للماركة A	لا تقل عن ٤٥٠×٦٠٠	للعمل فى الهواء، وبتردد قدره ٥٠ هرتز، وحيث يتطلب الامر توفر خصائص كهربائية عالية
	Г	نفس السماكات، كما فى الماركة A	لا تقل عن ٤٥٠×٦٠٠	للعمل فى زيت المحولات وفى الهواء، لكن حيث يتوفر تسامح واسع من حيث السماكة والاعوجاج
التكستوليت الزجاجي	CT	١,٥ ؛ ١,٦ ؛ ١,٨ ؛ ٢ ؛ ٢,٣ ؛ ٢,٥ ؛ ٢,٨ ؛ ٣ ؛ ٣,٥ ؛ ٤ ؛ ٤,٥ ؛ ٥ ؛ ٥,٥ ؛ ٦ ؛ ٦,٥ ؛	(٤٥٠—٩٨٠) × (٦٠٠—١٤٨٠)	للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز، فى الهواء وفى الظروف

(تتمة الجدول ١٠)

١	٢	٣	٤	٥
		٧؛ ٨؛ ٩؛ ١٠؛ ١١؛ ١٢؛ ١٣؛ ١٤؛ ١٥؛ ١٦؛ ١٨؛ ٢٠؛ ٢٢؛ ٢٥؛ ٢٨؛ ٣٠		المناخية المعتدلة (حتى ١٣٠°م)
	CT-Б	١,٥؛ ١,٦؛ ١,٨؛ ٢؛ ٢,٣؛ ٢,٥؛ ٢,٨؛ ٣؛ ٣,٥؛ ٤؛ ٤,٥؛ ٥؛ ٥,٥؛ ٦؛ ٦,٥؛ ٧؛ ٨؛ ٩؛ ١٠؛ ١٢؛ ١٣؛ ١٤؛ ١٥؛ ١٦؛ ١٨؛ ٢٠؛ ٢٢؛ ٢٥؛ ٢٨؛ ٣٠	×(٩٨٠–٤٥٠) (١٤٨٠–٦٠٠)×	للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز، فى الهواء وفى الظروف المناخية المعتدلة (حتى ١٣٠°م)؛ ولكن حيث يمكن توفر تسامح واسع من حيث السماكة، وعدم تحديد الاعوجاج
	CT-1	٠,٥؛ ٠,٦؛ ٠,٨؛ ١؛ ١,٢؛ ١,٤؛ ١,٥؛ ١,٦؛ ١,٨؛ ٢؛ ٢,٣؛ ٢,٥؛ ٢,٨؛ ٣؛ ٣,٥؛ ٤؛ ٤,٥؛ ٥؛ ٥,٥؛ ٦؛ ٦,٥؛ ٧؛ ٨؛ ٩؛ ١٠؛ ١١؛ ١٢؛ ١٣؛ ١٤؛ ١٥؛ ١٦؛ ١٨؛ ٢٠؛ ٢٢؛ ٢٥؛ ٢٨؛ ٣٠	×(٩٨٠–٤٥٠) (١٤٨٠–٦٠٠)×	نفس الغاية المذكورة اعلاه ولكن هذه المواد يجب أن تكون ذات تجانس أكثر داخلي وسطحي فى الحالة البدائية وبعد المعالجة الميكانيكية
	CT-2	٠,٥؛ ٠,٦؛ ٠,٨؛ ١؛ ١,٢؛ ١,٤؛ ١,٥؛ ١,٦؛ ١,٨؛ ٢؛ ٢,٣؛ ٢,٥؛ ٢,٨؛ ٣؛ ٣,٥	×(١٩٨٠–٤٥٠) (١٤٨٠–٦٠٠)×	يحافظ على جساءة عالية عند درجات الحرارة العاملة؛ للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز فى الهواء وفى الظروف المناخية المعتدلة

(تتمة الجدول ١٠)

١	٢	٣	٤	٥
	СТЭФ	١,٥؛ ١,٦؛ ١,٨؛ ٢؛ ٢,٣؛ ٢,٥؛ ٢,٨؛ ٣؛ ٣,٥؛ ٤؛ ٤,٥؛ ٥؛ ٥,٥؛ ٦؛ ٦,٥؛ ٧؛ ٨؛ ٩؛ ١٠؛ ١١؛ ١٢؛ ١٣؛ ١٤؛ ١٥؛ ١٦؛ ١٨؛ ٢٠؛ ٢٢؛ ٢٥؛ ٢٨؛ ٣٠	(٤٥٠–٩٨٠)× (٦٠٠–١٤٨٠)×	للعمل بفلطية تزيد عن ١٠٠٠ فولط وتردد قدره ٥٠ هرتز فى الظروف الطبيعية فى الهواء؛ وكذلك للعمل بفلطية تصل حتى ١٠٠٠ فولط فى الجو الرطب وبدرجة حرارة ٣٥°م
التكستوليت المصنوع من الاسبستوس	ACT-A	٦؛ ٧؛ ٨؛ ١٠؛ ١٢؛ ١٥؛ ١٦؛ ١٨؛ ٢٠؛ ٢٢؛ ٢٥؛ ٢٨؛ ٣٠؛ ٣٢؛ ٣٥؛ ٣٧؛ ٤٠؛ ٤٢؛ ٤٤؛ ٤٦؛ ٤٨؛ ٥٠؛ ٥٢؛ ٥٥؛ ٥٨؛ ٦٠	(٤٥٠–١٠٠٠)× (٦٠٠–٢٤٨٠)×	مشدات واسافين فى الاعضاء الدوارة للمولدات التربينية، وبصفة مواد تصنع منها لوحات التحكم (حتى ١٣٠°م)
خشب الدلتا	ДСП-В-Э	١؛ ١,٥؛ ٢؛ ٢,٥؛ ٣؛ ٤؛ ٥؛ ٦؛ ٧؛ ٨؛ ١٠؛ ١٢؛ ١٥؛ ٢٠؛ ٢٥؛ ٣٠؛ ٣٥؛ ٤٠؛ ٤٥؛ ٥٠؛ ٥٥؛ ٦٠	من ٧٠٠×٨٠٠ حتى ٥٦٠٠×١٢٠٠	اجزاء انشائية وعازلة كهربائيا، تعمل فى زيت المحولات. ومن اجل العمل فى الهواء المكشوف، تحتاج الى حماية شديدة من الرطوبة
	ДСП-БЭ	١٥؛ ٢٠؛ ٢٥؛ ٣٠؛ ٣٥؛ ٤٠؛ ٤٥؛ ٥٠؛ ٥٥؛ ٦٠	من ٧٠٠×١٠٠٠ حتى ٥٦٠٠×١٢٠٠	اجزاء انشائية وعازلة كهربائيا، تعمل فى زيت المحولات. ومن اجل العمل فى الهواء المكشوف تحتاج الى حماية شديدة من الرطوبة ، وهى تتمتع بمتانة ميكانيكية أقل، وخواص كهربائية منخفضة نسبيا

الجدول ١١

المواصفات الاساسية لمركبات التشريب واماكن استخدامها

التصنيف حسب الغاية	ماركة المركب او رمزه	المواد التى يتألف منها المركب	المواصفات العامة ومجالات الاستخدام
مواد التشريب	225, 225-Д	زفت، بلق، زيت كتان خال من الماء	كتلة غير بلورية سوداء اللون صامدة للماء تستخدم لتشريب الملفات فى المكنات الكهربائية (التشريب تحت الضغط وبدرجة حرارة ١٦٠°م)
	زفتى	زفت ماركة: БН-V ;БН-III-V B وزفت خاص	نفس المواصفات ولكن الكتلة اقل مرونة، وهى تستخدم لتشريب وشائع المكنات العاملة بالتيار المستمر (تحت الضغط وبدرجات حرارة تتراوح من ١٤٠ الى ١٥٠°م)
	КГСМ-1	بولى أثير غير حدى رقم ١، ثانى أكسيد البنزول، كينين مائى	كتلة غير بلورية صفراء اللون؛ تتمتع بمتانة ميكانيكية عالية، وبصمود ضد الماء. وهى تستخدم لتشريب ملفات المحولات والاجهزة العاملة عند درجات الحرارة التى تتراوح بين -٦٠°م و+١٢٠°م
	КГСМ-2	بولى أثير غير حدى رقم ٢، ثانى أكسيد البنزول، كينين مائى	نفس الشئ لكن المركب المتجمد يتمتع بمرونة اعلى
	K-43	المركب المصنوع على اساس بولى ميتيل سيلوكسان ولينولات الرصاص	تشريب الملفات فى المكنات الكهربائية والاجهزة التى تعمل لمدة طويلة عند الدرجة ١٨٠°م وفى ظروف ذات رطوبة مرتفعة
مركبات للتشريب والغمر	МБК-1	اثير ميتاكريل	تشريب الملفات فى المكنات الكهربائية، وغمر الوشائع والوحدات فى الاجهزة الكهربائية
	МБК-2	اثير ميتاكريل، مواد ملدنة	نفس الشيء، ولكن يستخدم هذا المركب من اجل الحصول على تشريب أكثر مرونة

كهربائية عالية ، وكذلك تتمتع بالقدرة على العمل الطويل الامد فى نطاق درجات الحرارة من — ٤٠ ° م حتى + ١٢٠ ° م . وترد فى الجدول ١١ مواصفات مركبات التشريب ومجالات استخدامها .

البند ٢٣ — زيت المحولات

ينتمى زيت المحولات الى مجموعة العوازل المائعة ، التى تضاف لسحب الحرارة من الاجزاء الداخلية الساخنة فى المعدات الكهربائية واطفاء القوس الكهربائية فى القواطع الزيتية وتقوية المتانة الكهربائية للعازل الصلب واحكام الاجهزة الكهربائية .

ويجب ان يلبى الزيت المستخدم لملء المحولات ، المتطلبات الآتية : يجب ان لا تقل المتانة الكهربائية (الفلطية الدنيا للخرق) عند الدرجة ٢٠ ° م والتردد ٥٠ هرتز عن ١٥ كيلوفولط ؛ ورقم الحموضة لكل ١ غرام زيت يجب ان لا يزيد عن ٠,٠٥ ميليغرام ؛ وان لا تقل درجة اشتعال الابخرة عن ١٣٥ ° م ؛ وان لا تزيد درجة التجمد عن — ٣٥ ° م ؛ والترسبات يجب ان لا تزيد عن ٠,٠٠٥٪ .

يجب ان لا يحتوى زيت المحولات على أحماض قابلة للانحلال فى الماء ، وكذلك على قلويات وشوائب ميكانيكية .

أسئلة للمراجعة

١ — أين تستخدم المواد العازلة كهربائيا ؟

٢ — ما هى المواد العازلة الليفية واين تستخدم ؟

٣ — ما هى الغاية من زيت المحولات فى الاجهزة المعبأة بالزيت ؟

الباب الخامس:

مخططات الملفات المستخدمة في المكنات الكهربائية

البند ٢٤ ـ انواع الملفات المستخدمة فى المكنات الكهربائية وطرق تمثيلها

تعتبر الملفات من اهم الاقسام التى تتألف منها المكنات الكهربائية ، حيث تجرى داخلها العمليات الاساسية المتعلقة بتحويل الطاقة . وفيما يلى نذكر الملفات التى تستخدم فى غالبية المكنات الكهربائية :

ـ الملفات الثلاثية الاطوار التى تستخدم فى المكنات العاملة بالتيار المتناوب ، وهى تدخل عادة فى تركيب الاعضاء الساكنة للمكنات المتزامنة واللامتزامنة ، وكذلك فى الاعضاء الدوارة للمحركات اللامتزامنة المزودة بحلقات التماس ؛

ـ الملفات الاحادية الطور للاعضاء الساكنة التى تستخدم فى المحركات الاحادية الطور اللامتزامنة والعاملة بالاعضاء الدوارة المقصرة الدائرة ؛

ـ ملفات اعضاء الانتاج ، التى تستخدم فى مكنات التوحيد العاملة بالتيار المستمر وكذلك بالتيار المتناوب احادى الطور ؛

ـ ملفات مقصرة الدائرة التى تستخدم فى الاعضاء الدوارة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة .

تتألف عادة ملفات التحريض المستخدمة فى مكنات التوحيد المتزامنة ، من وشائع قطبية بسيطة نسبيا ، وكذلك يكون بسيطا تركيب الملفات المقصرة الدائرة للاعضاء الدوارة فى المحركات اللامتزامنة . اما الانواع الباقية من الملفات المذكورة اعلاه ، فهى تمثل منظومة معقدة لاسلاك معزولة توضع فى مجار (شقوب) ، وتوصل مع بعضها حسب مخططات معينة تحتاج الى دراسة خاصة .

ان اللفة هى ابسط عنصر فى الملف ، وتتألف من سلكين ناقلين موصولين على التسلسل ، وموضوعين فى شقبين يقعان عادة تحت قطبين متجاورين ومختلفين بالاسم . ويكون القسم الفعال من اللفة عبارة عن السلك الكائن ضمن الشقوب ، وذلك لان القوة الدافعة الكهربائية تتحرض هنا تحت تأثير المجال المغناطيسى الرئيسى للمكنة . اما اقسام اللفة الواقعة خارج الشقوب (المجارى) ، والكائنة على طرفى الموصل المغناطيسى فهى تربط السلكين الفعالين معا ، وتدعى بالاقسام الجبهية للفة .

وقد يتألف سلك اللفة من عدة اسلاك متوازية ، ونلجأ عادة الى ذلك كى نجعل الملف أكثر طراوة حتى يسهل وضعه ضمن المجرى .

وتتشكل الوشيعة او قطاع الملف * من لفة واحدة او عدة لفات موصولة على التسلسل . فاذا كان القطاع يتألف من لفة واحدة ، فان مثل هذا الملف يسمى بالملف القضيبى ، وذلك لان النواقل الموجودة فى المجارى تكون عندئذ عبارة عن قضبان جسيئة . اما الملف المؤلف من قطاعات عديدة اللفات فيسمى بالملف الوشيعى .

ويتميز القطاع او الوشيعة ، بعدد اللفات w_c والخطوة y ، اى بعدد اسنان الموصل المغناطيسى التى تحصرها الوشيعة . فمثلا ، اذا كان احد طرفى الوشيعة (القطاع) يستلقى فى المجرى الاول ، والطرف الآخر يستلقى فى المجرى السادس ، فان الوشيعة تحصر خمسة اسنان ، والخطوة هنا تساوى خمسة $(y=5)$. وهكذا ، فان الخطوة يمكن ان تتحدد كحاصل الطرح لأرقام المجارى التى يتواجد فيها طرفا الوشيعة $y=6-1=5$. وغالبا ما نلجأ فى تسجيل الملفات وتنظيم الوثائق الفنية ، الى الرمز للخطوة بارقام المجارى (بدءا من الاول) ، التى توضع فيها اطراف الوشيعة ، اى يكون هذا الرمز فى حالتنا كما يلى : $y=1-6$.

وتسمى خطوة الملف بالخطوة القطرية اذا كانت مساوية للتقسيم القطبى :

---

* يستخدم مصطلح «الوشيعة» فى هذا المعنى غالبا بالنسبة لملفات مكنات التوحيد ، اما مصطلح «قطاع» فيستخدم بالنسبة لملفات عناصر الانتاج فى مكنات التوحيد .

اى المسافة الكائنة بين محورى قطبين متجاورين ومختلفين بالاسم ، أو عدد المجارى (الاسنان) الموافقة لقطب واحد . وفى هذه الحالة يكون لدينا : $y = \tau = z/2p$ ، حيث z — عدد المجارى (الاسنان) فى القلب ، التى يتوضع الملف فيها ؛ $2p$ — عدد اقطاب الملف .

واذا كانت خطوة الوشيعة أقل من الخطوة القطرية فانها تسمى بالخطوة المقصرة . ويتميز تقصير الخطوة بمعامل التقصير $k_y = y/\tau$ ، وهو يستخدم بشكل واسع فى ملفات الاعضاء الساكنة وفى المحركات الكهربائية اللامتزامنة والثلاثية الاطوار ، وذلك لأنه عندئذ يتوفر سلك اللف (على حساب الاقسام الجبهية الأقصر) ، ويصبح من الاسهل وضع الملفات فى المجارى ، وتتحسن مواصفات المحركات . ويكون التقصير المستخدم للخطوة عادة ، فى حدود ٠,٨٥ — ٠,٦٦ .

فى المكنة الكهربائية ذات القطبين ، تكون الزاوية المركزية الموافقة للتقسيم القطبى مساوية الى ١٨٠° . وبالرغم من ان هذه الزاوية الهندسية تساوى ٩٠° فى المكنات الرباعية الاقطاب ، وتساوى ٦٠° فى المكنات السداسية الاقطاب والخ ، فمن المتعارف عليه ، ان هذه الزاوية تساوى فى جميع الحالات ١٨٠ درجة كهربائية بين محورى القطبين المتجاورين والمختلفين بالاسم . وبكلمة أخرى ، ان التقسيم القطبى يكون كما يلى $\tau = 180$ elec. grades (١٨٠ درجة كهربائية) .

يجرى التمييز بين الملفات الأحادية الطبقة ، حيث ينشغل كل مجرى بطرف وشيعة واحدة (قطاع) ، والملفات الثنائية الطبقة حيث تتوضع فى المجارى اطراف وشائع مختلفة على طبقتين .

ان طرق تمثيل ملفات المكنات الكهربائية هى شرطية ولها طابع خاص ، لذا يجدر بنا شرحها . وفى الواقع ، ان الملفات تحتوى على عدد كبير من النواقل ، ولو اردنا تمثيل جميع الوصلات بين النواقل واللفات والوشائع والمجموعات الوشائعية للملفات بواسطة الرسم ، فاننا سنحصل عندئذ على رسم معقد جدا يصعب تنفيذه من الناحية التقنية ، وذلك بالنسبة لمكنة كهربائية واقعية . ومن الناحية العملية ، فانه من المستحيل تمثيل الملف على الخارطة

الاسقاطية العادية للرسم الهندسى ، بحيث يعطينا هذا الرسم الهندسى تصورا كافيا عن الملف ، وكذلك يستحيل تنفيذ اعمال اللف بموجبه . ولذلك ، فاننا نضطر الى تمثيل الملفات على هيئة مخططات .

وهناك طريقتان رئيسيتان لتمثيل الملفات على المخططات .

ففى الطريقة الاولى نتخيل كما لو اننا نقص السطح الاسطوانى للقلب مع الملف (ومع الموحد بالنسبة لمكنات التوحيد) بموجب الراسم (خط التشكيل) ، ثم ننشره على مستوى الرسم . وتسمى مثل هذه المخططات بالمنشورات او الانفرادات .

وفى الطريقة الثانية ، نتخيل كما لو اننا نقوم بالاسقاط على مستوى يكون عموديا على محور القلب ، مع اظهار منظر الملف من الجانب (من جهة الموحد عادة ، بالنسبة لمكنات التوحيد) . وتمثل النواقل (الاطراف الفعالة للقطاعات والوشائع) الموجودة فى المجارى على سطح القلب ، بدوائر صغيرة ، ثم يتم اظهار الوصلات الجانبية (الجبهية) للملف . وعند الضرورة ، لا تمثل الوصلات الجانبية المرئية من هذا الطرف للملف فحسب ، بل وتمثل ايضا الاقسام الجبهية غير المرئية ، الموجودة على الجانب المعاكس للقلب ، بحيث ينقل هذا التمثيل عندئذ الى خارج دائرة القلب . وتسمى المخططات من هذا النوع بالمخططات الجانبية او الدائرية .

وتعطى هذه المخططات تصورا دقيقا عن تركيب القلب ، وتوزيع جميع العناصر مع الوصلات بينها على القلب . وتمثل على المخططات بشكل رئيسى ، فقط اسلاك الملف ، مع السعى قدر الامكان لاهمال جميع الاجزاء الباقية ، التى تحشو المخطط وتجعل من الصعب قراءته . وتذكر المعطيات الفنية الاضافية اللازمة على المخططات ، بشكل كتابات . وتمثل الوشيعة او القطاع على المخطط بخط واحد بغض النظر عن كونها ملفوفة بسلك واحد او بعدة أسلاك متوازية ، او كونها مؤلفة من لفة واحدة او عدة لفات . وتمثل القطاعات والوشائع على المخططات المنشورة (الانفرادات) ، على هيئة خط مغلق ، يذكرنا بالشكل الفعلى للوشيعة (القطاع) التى تتفرع عنها المآخذ .

وفى المخططات المنشورة للملفات الثنائية الطبقة ، تمثل اطراف الوشائع او القطاعات ، الواقعة بشكل اقرب الى الخلوص الهوائى ، اى فى الطبقة العلوية للمجرى ، بخطوط متواصلة ، اما الاطراف الواقعة فى الطبقة السفلية فتمثل بخطوط متقطعة (او منقطة) .

وفى مخططات الملفات الثلاثية الاطوار ، يمكن تمثيل اسلاك الاطوار المختلفة بخطوط مختلفة فيما بينها ، مثلا بخطوط متواصلة ومتقطعة ومنقطة ، وبخطوط ذات الوان مختلفة او ذات سماكة مختلفة ، او بخطين مزدوجين يتم التهشير بينهما بشكل مختلف .

وتذكر على المخطط عادة ارقام المجارى ، وارقام صفائح الموحد ، ويمكن ان تذكر كذلك ارقام الوشائع (القطاعات) واطرافها ، وارقام وتعليم مآخذ المجموعات الوشائعية ، واطوار الملف ، وتذكر اتجاهات التيارات ، والمناطق الطورية واقطاب المجال المغناطيسى ، وغير ذلك .

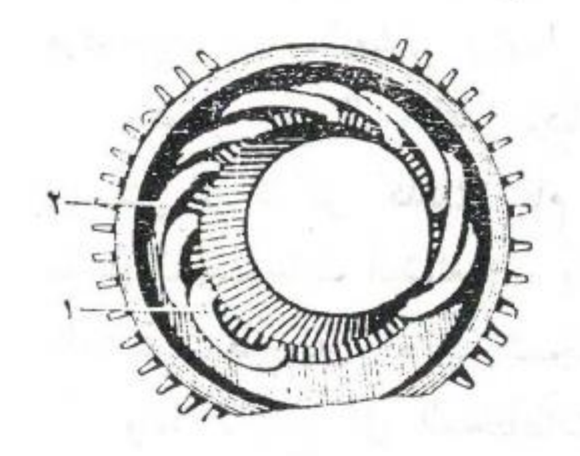
واننا نحتاج الى المخططات ليس فقط لدراسة مبدأ عمل الملفات وتركيبها وخواصها ومميزاتها ، بل وكذلك لتنفيذ اعمال اللف . فمن الصعب تنفيذ الملف دون توفر المخطط ، ودون مراعاته بدقة اثناء القيام باللف ، ولذلك يجب وضع مخطط للملف قبل البدء باصلاحه .

ومن الجدير بالذكر ، أن المخططات الجانبية والإنفرادات للملفات المعقدة والعديدة الاقطاب ، والحاوية على عدد كبير من الاقطاب والمجارى، تكون محشوة جدا وتصعب قراءتها . وفى هذه الحالات ، حيث تتكرر عناصر الملفات اثناء العمل ، غالبا ما نستخدم المخططات المنشورة التطبيقية ، وعندئذ نمثل طورا واحدا فقط مثلا (واحيانا جزءا من طور) ، للملفات الثلاثية الاطوار ، او نمثل بعض القطاعات لملف مكنة التوحيد . وتستخدم بشكل واسع ايضا المخططات الجانبية المبسطة ، حيث تمثل مجموعات وشائعية بكاملها على هيئة جزء من قوس مع المآخذ الواردة ؛ اما العناصر الصغيرة فلا تمثل ، او تمثل بشكل منفصل على المخطط . ومن الملائم استخدام المخططات الجانبية المبسطة عند تنفيذ الوصلات بين المجموعات الوشائعية فى الملفات المعقدة .

وتستخدم انواع أخرى ايضا من المخططات المبسطة ، وكذلك جداول اللف ، فى التطبيق العملى لأعمال اللف .

البند ٢٥ — مخططات الملفات الثلاثية الاطوار

فى الملفات الثلاثية الاطوار ، توصل عادة تلك الوشائع التى تقع اطرافها الفعالة تحت قطبين متجاورين ومختلفين بالاسم ، فيما بينها على التسلسل



الشكل ٤٥ — الوشائع والمجموعات الوشائعية فى الملف الثلاثى الاطوار (العضو الساكن للمحرك الذى وضع فيه بشكل جزئى ملف شابلونى أحادى الطبقة ، له وشائع متمركزة ، $2p = 8$ ، $q = 3$) : ١ — وشيعة ، ٢ — مجموعة وشائعية مؤلفة من ثلاث وشائع

لتشكل مجموعات وشائعبة (الشكل ٤٥) . وكقاعدة ، فان المجموعة الوشائعية تشكل زوجا واحدا من أقطاب طور واحد .

توصل المجموعات الوشائعية لتشكل طور الملف . ولتشكيل الاطوار يمكن استخدام الربط المتسلسل او المتوازى او المختلط للمجموعات الوشائعية فيما بينها ، غير أنه عندئذ يجب مراعاة التتابع الصحيح لاقطاب المجال المغناطيسى ، الذى يولده الملف .

ويجب ان تكون الاطوار الثلاثة للملف متماثلة (متناظرة) ولذلك يجب ان تتواجد فى كل طور من الاطوار الثلاثة ، كمية متساوية من الوشائع الموصولة مع بعضها بشكل متشابه ، والواقعة فى المجال المغناطيسى للمكنة بشكل متماثل . وفقط عند تطبيق هذا الشرط ، سوف تكون القوة الدافعة الكهربائية الاجمالية فى الاطوار ، متساوية بالقيمة ومزاحة بالنسبة لبعضها البعض بمقدار ١/٣ الدور ، اى تشكل نظام القوة الدافعة الكهربائية متماثل وثلاثى الاطوار . ويمكن لاطوار الملف ان توصل مع بعضها بشكل نجمى او مثلثى .

ومن أهم المواصفات التى تميز الملفات الثلاثية الاطوار هو عدد المجارى بالنسبة لكل قطب وطور q ؛ $q = z/(2\,pm)$

حيث z ــ عدد المجارى التى يتوضع فيها الملف ؛ $2p$ ــ عدد اقطاب المجال المغناطيسى ؛ m ــ عدد الاطوار .

ويدل العدد q عادة على كمية الوشائع الموجودة فى كل مجموعة وشائعية للملف المعنى . فمثلا ، اذا كان الملف الثلاثى الاطوار $(m = 3)$ والرباعى الاقطاب $(2p = 4)$، يتوضع داخل ٦٠ مجرى $(z = 60)$، فان q تكون : $q = z/(2\,pm) = 60/(4 \cdot 3) = 5$ فمثل هذا الملف سيضم خمس وشائع فى كل مجموعة وشائعية .

فاذا وضعنا فى هذه المجارى الستين ملفا ثلاثى الاطوار وثمانى الاقطاب ، فان عدد المجارى بالنسبة لكل قطب وطور لا يكون عددا صحيحا وانما عددا كسريا $q = 60/(8 \cdot 3) = 2\frac{1}{2}$. وتسمى مثل هذه الملفات بالملفات ذات العدد الكسرى q .

وبما انه فى كل مجموعة وشائعية منفصلة يمكن ان يتواجد فقط عدد صحيح من الوشائع ، لذا فان المجموعات الوشائعية لن تكون متساوية فى كل طور اذا كان العدد q كسريا ، بل ستضم المجموعات عَددا مختلفا من الوشائع . وفى هذه الحالة يبين العدد q الكمية المتوسطة للوشائع الواجب توفرها فى المجموعة الوشائعية الواحدة .

تستخدم الملفات ذات العدد الكسرى q فى الاعضاء الساكنة للمولدات المتزامنة العديدة الاقطاب ، عندما يكون $q < 3$.

وتنفذ عادة الملفات الثلاثية الأطوار بست مناطق . ففى مثل هذه الملفات تتوزع المجارى التى تشغل تقسيمين قطبيين (٣٦٠ درجة كهربائية) ، الى ست مناطق (منطقة واحدة لكل طور فى حدود تقسيم قطبى واحد) . فاذا كان الملف ذا عدد صحيح q ، وخطوته القطرية $y = \tau$ ، فان كل منطقة من الملف السداسى المناطق تشغل ٦٠ درجة كهربائية .

وهناك علاقة من اجل الملفات الثلاثية الاطوار ، تربط بين عدد دورات

المجال المغناطيسى للمكنة فى الدقيقة ، وعدد الاقطاب ، وتردد التيار المار فى الملف : $n = 60f/p$ ، حيث n – عدد دورات المجال المغناطيسى ، دورة/دقيقة ؛ p – عدد ازواج الاقطاب ؛ f – تردد التيار المار فى الملف ، هرتز .

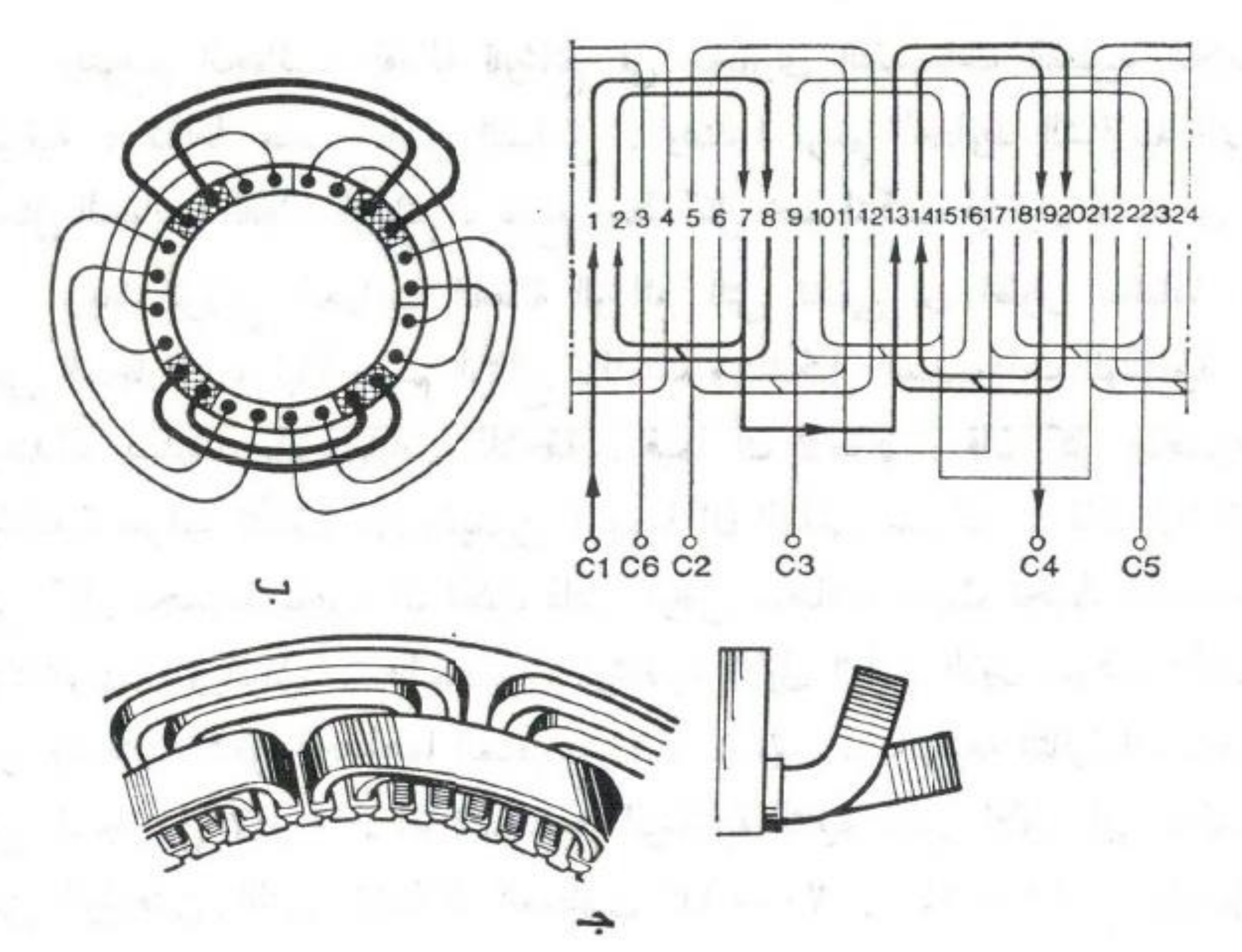
الملفات المتمركزة الأحادية الطبقة . تستخدم هذه الملفات بشكل واسع فى المحركات اللاامتزامنة ذات القدرة المتوسطة والصغيرة ، وعلى وجه الخصوص ، فى المحركات اللاامتزامنة من الدفعة القياسية ذات الابعاد ٣ و ٤ و ٥ . ويفسر ذلك بامكانية التوصل الى تعبئة جيدة للمجارى بالمواد الناقلة ، وذلك لانه ليست هناك حاجة للعازل بين طبقات الملف ، وكذلك بسبب توفر المكنات المناسبة نصف الاوتوماتيكية فى مصانع الآلات الكهربائية ، والتى تسمح بمكننة عملية اللف .

وان تسمية الملف بالمتمركز والاحادى الطبقة ، تفسر بما يلى : اولا ، بان كل مجرى من المجارى التى يتوضع فيها الملف يكون مشغولا بكامله بطرف واحد للوشيعة ؛ اى ان طرفى الوشيعة الواحدة يستلقيان فى مجريين بطبقة واحدة ؛ وثانيا ، ان الوشائع التى تشكل مجموعة وشائعية للملف هى ذات عرض متنوع ، وتتوضع بحيث تحيط الواحدة بالاخرى بشكل مركزى .

وتحتوى الملفات من هذا النوع على اقسام جبهية تقع فى مستويين او ثلاثة مستويات (طوابق) . وتبعا لتوضع الاقسام الجبهية تميز الملفات الثنائية والثلاثية المستويات .

ويبين الشكل ٤٦ مخططا منشورا ومخططا جانبيا لتوضع الاقسام الجبهية ، وكذلك منظرا لاقسام جبهية لملف متمركز احادى الطبقة وثلاثى الاطوار ($m = 3$) ورباعى الاقطاب ($2p = 4$)، فى مكنة تحتوى على قلب فيه ٢٤ مجرى ($z = 24$) . وقد صنع الملف بوصل متسلسل للمجموعات الوشائعية فى الطور ، اى بدون فروع متوازية (عدد الفروع المتوازية $a = 1$).

ويتم وضع المخطط الانفرادى (المنشور) لهذا الملف (الشكل ٤٦ ، أ) حسب الطريقة التالية : اولا يتم تحديد عدد المجارى بالنسبة للقطب والطور حسب الصيغة : $q = z/(2pm) = 24/(4 \cdot 3) = 2$



الشكل ٤٦ – ملف آحادى الطبقة متمركز ، فى مستويين :
أ – مخطط منشور ، ب – مخطط جانبى لموقع الاقسام الجبهية ، جـ – منظر الاقسام الجبهية

ومن ثم تمثل الجوانب الفعالة للوشائع الموجودة فى المجارى ، شاقولية ، بحيث أن جوانب الوشائع التى تنتمى الى اطوار مختلفة ، تمثل بخطوط متميزة ؛ مثلا يمثل الطور الاول بخطوط مستمرة ، والطور الثانى بخطوط منقطة ، والطور الثالث بخطوط متقطعة .

وفى حالتنا هذه تتوضع ستة مجار على التقسيم القطبى τ :
$\tau = z/(2p) = 24/4 = 6$.

وبالتالى فان كل منطقة طورية تضم بداخلها عددا من المجارى يساوى :
$\tau/m = 6/3 = 2$.

واذا افترضنا أن الجانب الفعال لوشيعة الطور الاول سوف يستلقى فى المجرى الطرفى الأيسر ، فاننا نرسم الخطوط التى تمثل الجوانب الفعالة للوشائع الموجودة فى قطاع التقسيم القطبى الاول ، حسب التسلسل التالى : نرسم اولا خطين مستمرين للطور الأول (باعتبار ان $q = 2$)، ومن ثم خطين متقطعين (الطور الثالث) ، ومن ثم خطين منقطين (الطور الثانى) .

وتتوضع الجوانب الفعالة للوشائع فى مجارى التقسيمات القطبية الثلاثة الباقية ، تماما حسب نفس التسلسل . وعندما نرسم الخطوط الشاقولية التى تمثل الجوانب الفعالة للوشائع ، نقطع وسط كل خط لنكتب فيه رقم المجرى .

وبعد توزيع الجوانب الفعالة للوشائع التى تنتمى الى اطوار مختلفة ، على المجارى ، نبدأ برسم الوشائع بالذات وبتشكيل المجموعات الوشائعية ، وعندئذ نسترشد بالاعتبارات اللاحقة . فبما أن $q = 2$ ، فان كل مجموعة وشائعية سوف تتألف من وشيعتين ؛ وبما ان الملف متمركز ، فان الواشائع فى كل مجموعة يجب ان تكون ذات عرض مختلف بحيث تحيط احداهما بالاخرى . وبالتالى ، فالمجموعة الوشائعية الاولى للطور الاول سوف تتألف من وشيعتين تشغل احداهما المجريين ١ و ٨ وتحيط بالوشيعة الثانية المستلقية فى المجريين ٢ و ٧ . اما المجموعة الوشائعية الثانية للطور الاول فهى تتألف من الوشيعتين اللتين تشغلان المجارى ١٣ — ٢٠ و ١٤ — ١٩ وتوصل الوشائع فى كل مجموعة وشائعية على التسلسل ، وهذا يمثل على المخطط بوصلة قصيرة بين الاقسام الجبهية السفلية .

وبما ان الملف ذو مستويين ، ويجب ان تتوضع الاقسام الجبهية للمجموعات الوشائعية فى طبقتين مختلفتين (الشكل ٤٦ ، ج) ، فانه من الضرورى تحديد عدد المجموعات الوشائعية ذات الاقسام الجبهية الاقصر والمتوضعة فى الطبقة الاولى ، وتحديد عدد المجموعات الوشائعية ذات الاقسام الجبهية الاطول ، والمتوضعة فى الطبقة الثانية . ويكون عدد الوشائع فى الملف الاحادى الطبقة أقل بمرتين من عدد المجارى ، وذلك لان كل وشيعة تشغل مجريين . لذا ، فان الملف المراد بحثه سوف يحتوى على ١٢ وشيعة . وتتألف كل مجموعة وشائعية من وشيعتين ؛ وبالتالى فاية الكمية الكلية للمجموعات الوشائعية للملف (k) تساوى ستة : $k = z/(2q) = 24/(2 \cdot 2) = 6$.

وسيضم كل طور من الاطوار الثلاثة مجموعتين وشائعيتين ، وذلك لأن $k/m = 6/3 = 2$.

يحتوى الملف موضوع الدراسة على عدد زوجى من المجموعات

8*

الوشائعية وهو ستة ، لذا فمن السهل تقسيمها بين الطبقتين : ثلاث مجموعات وشائعية فى الطبقة الاولى وثلاث مجموعات فى الطبقة الثانية . ولكى تكون الاطوار الثلاثة متناظرة (متماثلة) ، تنفذ فى كل طور مجموعة وشائعية واحدة بحيث تكون اقسامها الجبهية فى الطبقة الاولى ، والاقسام الجبهية للمجموعة الوشائعية الثانية فى الطبقة الثانية . لذا ، ففى الطور الاول ، تمثل المجموعة الوشائعية الاولى المؤلفة من الوشيعتين الواقعتين ضمن المجارى ١ — ٨ و ٢ — ٧ بأقسام جبهية قصيرة ، اما المجموعة الوشائعية الثانية المؤلفة من الوشيعتين الواقعتين ضمن المجارى ١٣ — ٢٠ و ١٤ — ١٩ فهى تمثل بأقسام جبهية طويلة .

والمرحلة التالية لرسم المخطط هى وصل المجموعات الوشائعية فيما بينهما وتشكيل اطوار الملف . فحسب المعطيات ، لا يحتوى طور الملف على فروع متوازية $a = 1$ اى ان المجموعات الوشائعية فى الطور توصل على التسلسل . ولكى نوصل المجموعات الوشائعية فيما بينها بشكل صحيح ، يرمز على المخطط لاتجاه التيارات فى الجوانب الفعالة لجميع الوشائع فى الطور ، بحيث يضمن تشكيل الكمية المعطاة لأقطاب المجال المغناطيسى (فى حالتنا اربعة اقطاب) ، مع تتابعها الصحيح . وعندئذ يمكن الاسترشاد بقاعدة البرامة المعروفة . وليس من الصعب مشاهدة ، ان الطور الاول فى الملف قيد الدراسة سيولد مجالا مغناطيسيا رباعى الاقطاب ذا تتابع صحيح للاقطاب ، اذا كانت اتجاهات التيارات فى الجوانب الفعالة للوشائع ستكون كما هو مبين على الشكل ٤٦ ، أ ، اى يتجه التيار فى المجارى ١ — ٢ و ١٣ — ١٤ من الاسفل الى الاعلى ، وفى المجارى ٧ — ٨ و ١٩ — ٢٠ من الاعلى الى الاسفل . وبما ان اتجاه التيارين فى المجموعتين الوشائعيتين ينطبق (من البداية الى النهاية) ، فانه عند وصلهما على التسلسل من الضرورى توصيل نهاية المجموعة الوشائعية الاولى الخارجة من المجرى ٧ ، مع بداية المجموعة الوشائعية الثانية الخارجة من المجرى ١٣ .

وهكذا ، تشكل لدينا الطور الاول من الملف ، بحيث ان بداية الطور الاول تخرج من المجرى ١ ، ونهايته من المجرى ١٩ . وبما ان الطورين

الآخرين فى الملف (الثانى والثالث) يجب ان يكونا مثل الطور الاول ، فان تسلسل تشكيلهما لا يحتاج الى شرح خاص . وسندرس فقط قضيتين : احداهما متعلقة بايجاد المجارى التى تخرج منها مآخذ هذين الطورين ، والقضية الاخرى متعلقة بتوزيع الاقسام الجبهية للمجموعات الوشائعية على الطبقتين .

يجب ان تتوضع اطوار الملف بشكل متماثل فى المجال المغناطيسى للمكنة ، اى أنها يجب ان تكون مزاحة عن بعضها البعض بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية ، او بعبارة اخرى ، بمقدار ثلثى التقسيم القطبى τ . ففى الملف قيد الدراسة نجد ان هناك ستة مجار مقابل التقسيم القطبى الواحد ، واربعة مجار لثلثى التقسيم القطبى ($2/3\tau$) ، اى من اجل ١٢٠ درجة كهربائية . ويمكن القيام بنفس هذا الحساب بطريقة اخرى . فالملف رباعى الاقطاب ، وبالتالى ، فان الدائرة الكاملة للقلب تضم : $360 \cdot p = 360 \cdot 2 = 720$ el. grade وبما ان القلب يحتوى على ٢٤ مجرى ، لذا فان تقسيم المجارى يعادل : $720/24 = 30$ el. grade ويجب ان تزاح الاطوار بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية اى ($120/30 = 4$) أربعة اقسام او اربعة مجار .

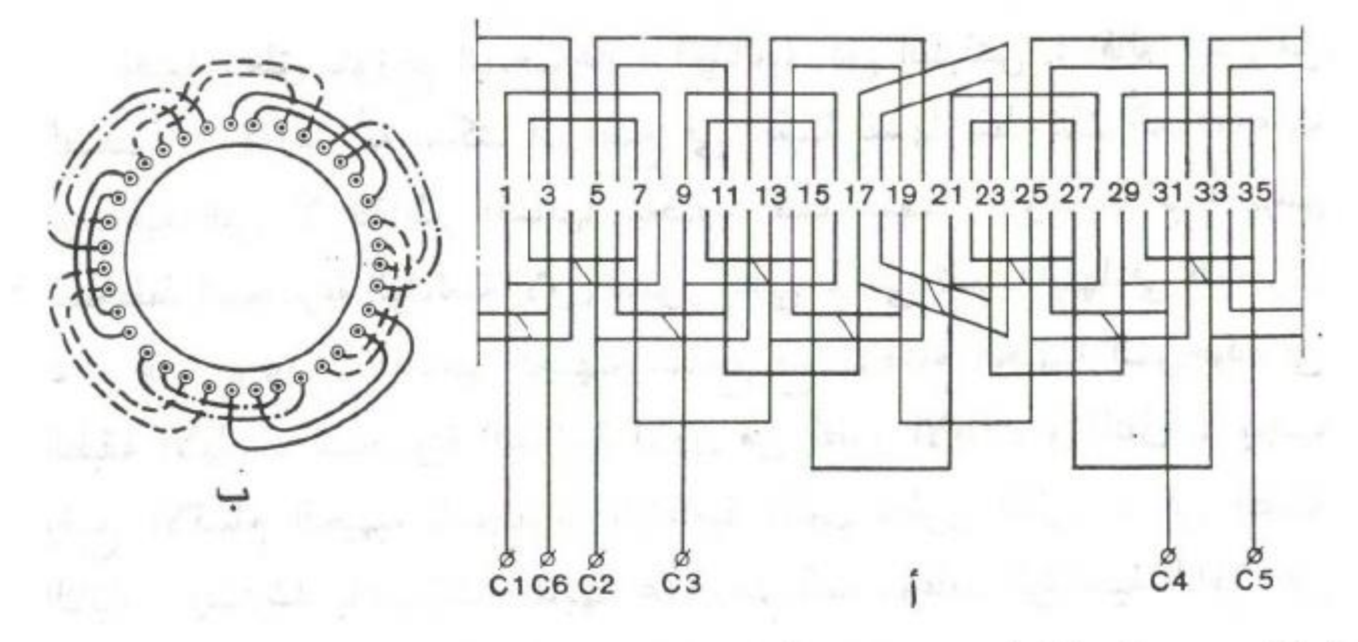
وباعتبار ان بداية الطور الاول تخرج من المجرى ١ ، فان بداية الطور الثانى يجب ان تخرج من المجرى ٥ ، ويجب ان تخرج بداية الطور الثالث المزاح بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية ، من المجرى ٩ . وعلى هذا المنوال تتحدد المجارى التى تخرج منها نهايات الاطوار . وبما ان نهاية الطور الاول تخرج من المجرى ١٩ ، فان نهاية الطور الثانى يجب ان تخرج من المجرى ١٩ + ٤ = ٢٣ ، ونهاية الطور الثالث من المجرى ٢٧ . ولكن لدينا فقط ٢٤ مجرى على دائرة القلب ، لذا بدأنا بالعد من المجرى ٢٣ اربعة مجار اخرى ، متحركين حسب المخطط من اليسار الى اليمين ، اى باتجاه عقارب الساعة على طول محيط دائرة القلب (الشكل ٤٦ ، ب) ، فاننا سنحدد أن نهاية الطور الثالث يجب ان تخرج من المجرى الثالث (٢٣ + ٤ − ٢٤ = ٣) .

8—1031

وفيما يتعلق بتوزيع المجموعات الوشائعية على الطبقتين ، فانه ليس من الصعب ان نشاهد أنه يمكننا ان نضع فى الطبقة نفسها فقط تلك المجموعات الوشائعية التى لا تتقاطع اقسامها الجبهية فيما بينهما . وعندما نبدأ برسم المخطط للمجموعة الوشائعية الاولى للطور الثانى ، التى تقع بدايتها فى المجرى ٥ ، فاننا نرى أن اقسامها الجبهية تتقاطع مع الاقسام الجبهية الموجودة فى الطبقة الاولى ، للمجموعة الوشائعية الاولى من الطور الاول . وبالتالى ، يجب وضع الاقسام الجبهية للمجموعة الوشائعية الاولى للطور الثانى ، فى الطبقة الثانية . ونسترشد باعتبارات مشابهة عند رسم المجموعات الوشائعية الباقية على المخطط .

تختلف خطوات الوشائع فى المجموعة الوشائعية ، فى الملف المتمركز الاحادى الطبقة . فمثلا ، تساوى خطوة الوشيعة العريضة فى الملف قيد الدراسة ٧ ، اما خطوة الوشيعة الضيقة فهى تساوى ٥ . وفى الحالة العامة ، تعادل خطوة أعرض وشيعة خارجية فى المجموعة الوشائعية $4q-1$ ، اما خطوة كل وشيعة تالية تحبط بها فتكون أقل باثنين . وتكون خطوة أضيق وشيعة داخلية $2q+1$. وتكون الخطوة المتوسطة لجميع الوشائع الداخلة فى المجموعة الوشائعية ، مساوية الى $\tau = z/(2p) = 3q = [(4q-1)+(2q+1)]/2$ ، اى هى الخطوة القطرية ، وهى تعتبر الخطوة الحسابية عند تحديد القوة الدافعة الكهربائية .

وكما ذكر أعلاه ، ففى الملف الاحادى الطبقة يكون عدد المجموعات الوشائعية فى الطور مساويا الى عدد ازواج الاقطاب ، وبالتالى فان عدد المجموعات الوشائعية للملف الذى يتألف من ثلاثة اطوار ، يساوى $3p$ ، (اى $k=mp=3p$) . فاذا صنع مثل هذا الملف على طبقتين ، فان عدد المجموعات الوشائعبة التى تقع اقسامها الجبهية فى مستوى واحد يعادل $3p/2$. ويمكن للعدد $3p/2$ ان يكون عددا صحيحا فقط اذا كان عدد ازواج اقطاب المكنة p عددا زوجيا . وبالتالى ، فانه يمكن انجاز الملف الثنائى الطبقة بعدد صحيح من المجموعات الوشائعية فى كل طبقة ، فقط عندما يكون p عددا زوجيا ، أى فى المكنات الحاوية على أربعة وثمانية



الشكل ٤٧ – المخطط المنشور لملف أحادى الطبقة متمركز فى مستويين ، مزود بمجموعة وشائعية «انتقالية» (أ) ، والمخطط الجانبى لموقع الاقسام الجبهية (ب)

واثنى عشر قطبا والخ . اما اذا كان عدد ازواج الاقطاب p عددا فرديا ، اى عدد اقطاب المكنة $2p$ يساوى ٢ ؛ ٦ ؛ ١٠ ؛ ١٤ والخ ، فان الملف الثنائى الطبقة يجب ان يحتوى عندئذ على ما يسمى بالمجموعة الوشائعية «الانتقالية» ، التى يقع نصف اقسامها الجبهية فى الطبقة السفلى والنصف الآخر يقع فى الطبقة العلوية . ويبين الشكل ٤٧ – أ ، ب مخططا لمثل هذا الملف الخاص بالمكنة الحاوية على ستة اقطاب .

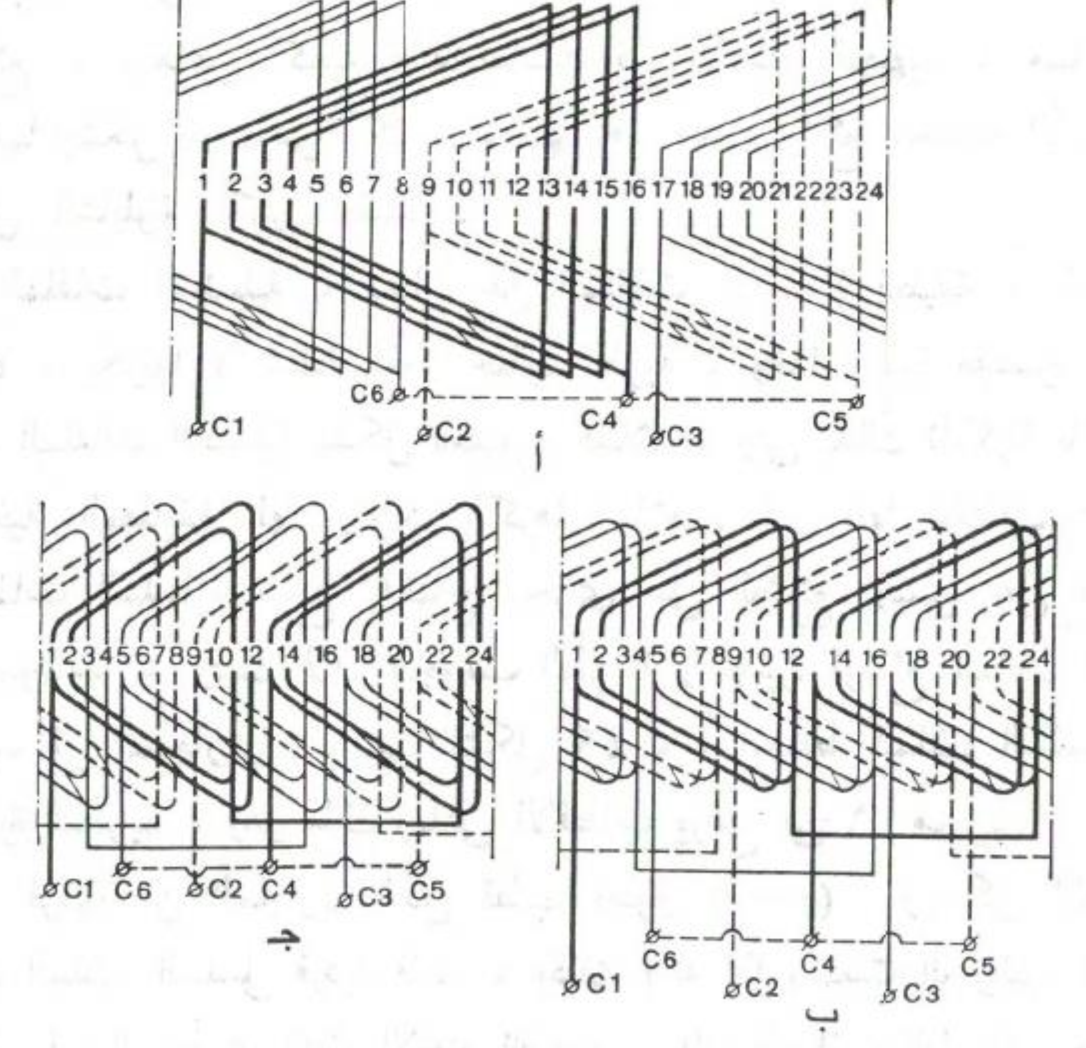
ومن الجدير بالذكر ان اطوار هذا الملف تضم على جوانب فعالة للوشائع ، واقعة على القلب ، غير انها تختلف بطول اقسامها الجبهية . فمثلا فى الطور الاول توصل على التسلسل مجموعة وشائعية قصيرة ومجموعتان طويلتان ، وفى الطور الثانى توصل مجموعة قصيرة ومجموعة «انتقالية» ومجموعة طويلة ، وفى الطور الثالث توصل مجموعة طويلة ومجموعتان قصيرتان . وهكذا ، فان اطوار هذا الملف تتمتع بمقاومة فعالة مختلفة بالقيمة ، وهى لا تزيد عادة عن ١٠ – ١٢٪ من المقاومة الكلية المتعلقة بشكل رئيسى بمحاثة الوشائع . فاذا اخذنا بعين الاعتبار ، أنه نتيجة لاختلاف طول الاقسام الجبهية للمجموعات الوشائعية ، لا يزيد الفرق فى المقاومات الفعالة

عادة عن ١٠ ـ ١٥٪ ، فان الخلاف فى المقاومة الكلية للاطوار سوف يعادل ١ـ٢٪ ، وهذا لا يؤثر عمليا على عمل المكنة .

الملفات الاحادية الطبقة النسخية (المتساوية الوشائع) ، وهى تتألف عادة من وشائع متماثلة تصنع على طبعة واحدة (شابلونة) يكون شكلها عادة شبه منحرف . ونتيجة لشكل شبه المنحرف للوشائع ، فان اقسامها الجبهية تقع فى مستويين .

وتقسم الملفات من هذا النوع الى ملفات بسيطة نسخية ، وملفات «منفتحة قليلا» ، وملفات نسخية متمركزة .

ويبين الشكل ٤٨ ـ أ مخططا منشورا لملف نسخى بسيط ثنائى الاقطاب ، موضوع فى قلب يحتوى على ٢٤ مجرى ، ويبين الشكل ٤٨ ، ب ، جـ مخطط الملفات النسخية الملفوفة و «المنفتحة» من اجل نفس



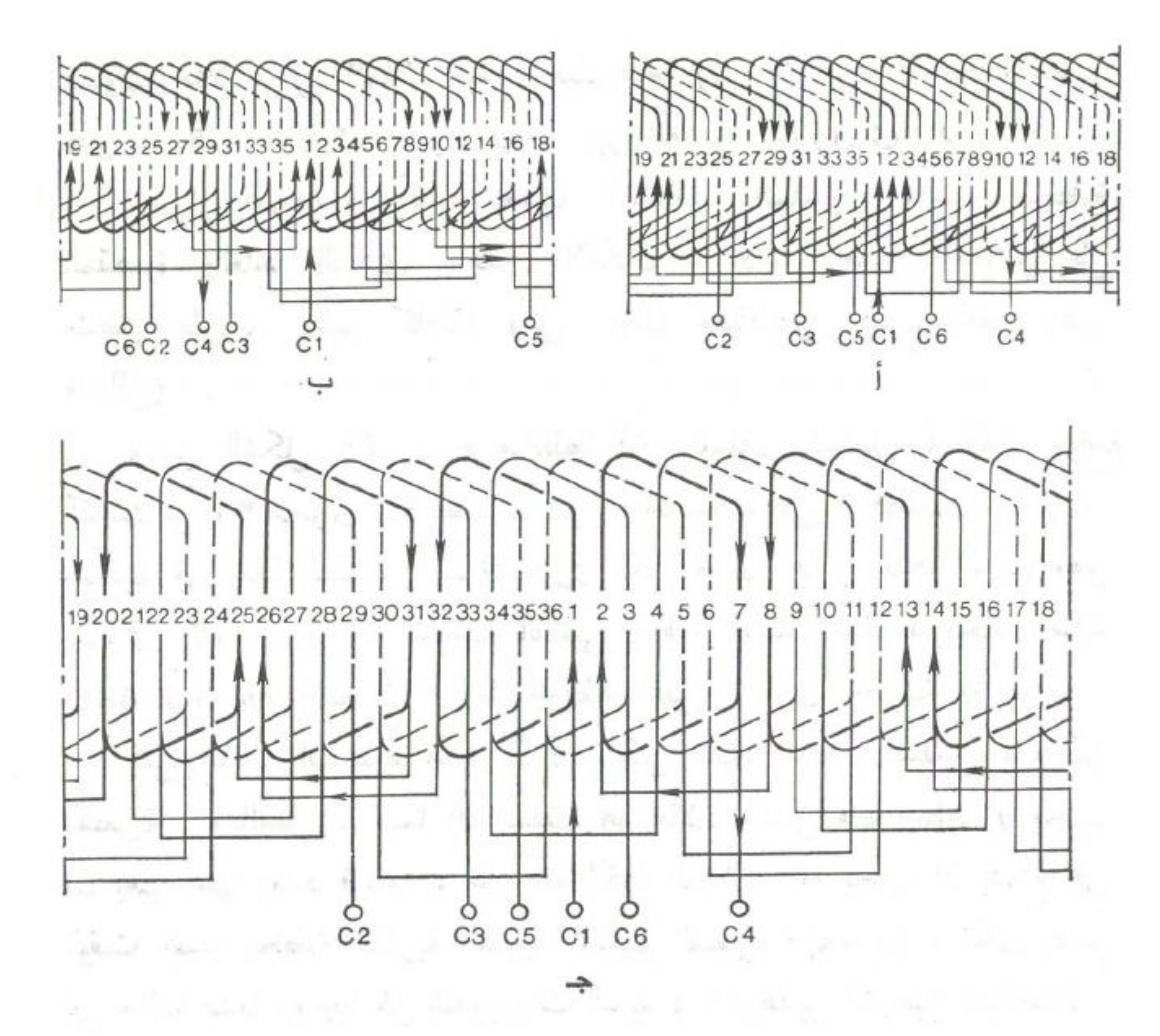
الشكل ٤٨ ـ ملفات شابلونية أحادية الطبقة :

أ ـ بسيط ، ب ـ «منفتح قليلا» ، جـ ـ «منفتح قليلا» مزود بوشائع متمركزة

المكنات . وتنحصر خاصية اللف «المنفتح قليلا» فى ان المجموعة الوشائعية مقسومة الى نصفى مجموعة تثنى اقسامها الجبهية فى جهتين مختلفتين ، اى كما لو ان المجموعة الوشائعية «منفتحة» ومقسومة الى قسمين . وتستخدم الوشائع «المنفتحة قليلا» عادة عندما تكون قيمة q كبيرة $(q \geqslant 4)$. وفى هذه الحالة يتم التوصل الى انقاص أبعاد الاقسام الجبهية .

وعند مقارنة المخططين الاخيرين مع بعضهما البعض ، ليس من الصعب ملاحظة ان الملف المبين على الشكل ٤٨ ، ب هو عبارة عن ملف متساوى الوشائع ، بينما يكون الملف المنفذ حسب المخطط المبين على الشكل ٤٨ ، جـ ، مؤلفا من نوعين من الوشائع ، اى انه لا يكون متساوى الوشائع بالمعنى الدقيق . وهنا ، ففى كل نصف مجموعة مؤلفة من وشيعتين ، تحيط الوشيعة العريضة بالوشيعة الضيقة ، ولذا فان مثل هذا الملف يدعى بالملف النسخى المتمركز ؛ وتمتاز هذه الملفات بالمقارنة مع الملفات المتساوية الوشائع ، بانقاص كمية «التقاطعات» فى الأقسام الجبهية ، مما يسمح بوضعها بشكل مرصوص أكثر . وعيبها هو وجود وشائع مختلفة الأبعاد مما يجعل الشابلونة أكثر تعقيدا .

الملفات السلسلية ، تمتاز عن الملفات الاحادية الطبقة ، المدروسة اعلاه ، بكونها لا تملك فقط خطوة قطرية ، وانما خطوة مقصرة ايضا . وتنفذ الملفات السلسلية بشكل «مفتوح قليلا» ، وهى بذلك تذكرنا بالملفات النسخية المطابقة لها والوارد ذكرها اعلاه . غير انها تختلف عنها ، فالملفات السلسلية تتمتع بانفتاح يجرى على الوشائع وليس على انصاف المجموعات ، وذلك لان الجوانب الطويلة والقصيرة لوشائع الملف السلسلى تتناوب فى المجارى . ويبين الشكل ٤٩ ، أ مخطط الملف السلسلى ذى الخطوة القطرية ، وهو ملف رباعى الاقطاب يوضع فى ٣٦ مجرى ، ويمتاز بعدد فردى من المجارى لكل قطب وطور $(q = 3)$. ويمكن ان تكون خطوة الملف السلسلى فردية فقط ، وذلك لانه اذا وضعت الجوانب القصيرة للوشائع فى المجارى ذات الارقام الفردية ، فان الجوانب الطويلة يجب ان توضع فى المجارى ذات الارقام الزوجية ، فى حين ان الفرق بين ارقام



الشكل ٤٩ – الملفات السلسلية :

أ – بخطوة قطرية ($2p = 4$ ، $q = 3$ ، $y = \tau = 9$) ، ب – بخطوة مقصرة و q عدد فردى ($2p = 4$ ، $q = 3$ ، $g = 7/9\tau$) ، جـ – بخطوة مقصرة و q عدد زوجى ($2p = 6$ ، $q = 2$ ، $y = 5$)

المجريين اللذين يوضع فيهما جانبا وشيعة واحدة ، اى خطوة الملف ، سيكون هذا الفرق دوما عددا فرديا . وان جميع وشائع الملف السلسلى تكون متشابهة ولها نفس الخطوة ، وهى تساوى فى حالتنا هذه ٩ ؛ أى هى خطوة قطرية ($\tau = z/(2p) = 36/4 = 9$).

ويبين الشكل – ٤٩ ، ب مخطط نفس الملف السلسلى ، ولكنه منفذ بخطوة مقصرة ، ويجب ان لا يكون تقصير الخطوة اختياريا فى الملفات السلسلية ، لان الخطوة هنا يجب ان تكون دوما عبارة عن عدد فردى ، وهى

تساوى مثلا ، فى الملف قيد البحث سبعة $(y=7)$ ، اما معامل التقصير فهو : $ky = y/\tau = 7/9 = 0,78$. غير انه من الضرورى ان نذكر ، انه من المرغوب فيه تجنب . الملفات السلسلية ذات الخطوة المقصرة والعدد الفردى q قدر الامكان ، لاننا نحصل عندئذ على مناطق طورية «غير كاملة» وعلى مجال مغناطيسى غير متناظر (غير متماثل) .

ويبين الشكل ٤٩ ، جـ مخططا آخر للملف السلسلى ، الذى يوضع كذلك فى ٣٦ مجرى $(z=36)$ ، غير انه محسوب على ٦ أقطاب $(2p=6)$. ويكون فى هذا الملف عدد المجارى لكل قطب وطور عددا زوجيا وهو يساوى $(q=2)$ ، اما التقسيم القطبى τ فهو يشمل ستة تدريجات سنية $(\tau = z/(2p) = 36/6=6)$ ، اما الخطوة فهى تساوى خمسة $(y=5)$.

ففى الحالة المعطاة هذه ، لا يمكن تنفيذ الملف السلسلى بالخطوة القطرية . وبالفعل : فبما ان الملف هو ملف سلسلى فان خطوته y يجب ان يعبر عنها بعدد فردى ، غير انه لكون الملف ذاته يجب ان يتمتع فى الوقت نفسه بخطوة قطرية مساوية للتقسيم القطبى τ $(y=\tau)$ ، الذى يضم فى حالتنا عددا زوجيا من التدريجات السنية ، فان هذين الشرطين متناقضان . وهكذا ، فان استخدام الخطوة المقصرة فى الملف المعنى (تساوى فعلا خمسة ، كما يبدو من الشكل ٤٩ ، جـ) شئ اجبارى لابد منه .

ومن الصعب ان نحدد فورا من منظر المخطط للملف السلسلى ، عدد الاقطاب المحسوب عليه هذا الملف ، وذلك لان المجموعات الوشائعية هنا لا تظهر جليا كما فى الانماط الاخرى للملفات الاحادية الطبقات . غير اننا ، اذا تابعنا اتجاهات التيارات فى الجوانب الفعالة لوشائع احد الاطوار ورمزنا لها بأسهم على المخطط (مع اعتبار ان التيار موجه مثلا ، من بداية الطور الى نهايته) ، فاننا نستطيع استيضاح عدد اقطاب المجال المغناطيسى الذى يولده الملف (انظر الشكل ٤٩ ، أ) .

وتستخدم الملفات السلسلية غالبا فى الاعضاء الساكنة للمحركات اللاامتزامنة ، وذلك بسبب امكانية تخفيض استهلاك اسلاك اللف على حساب

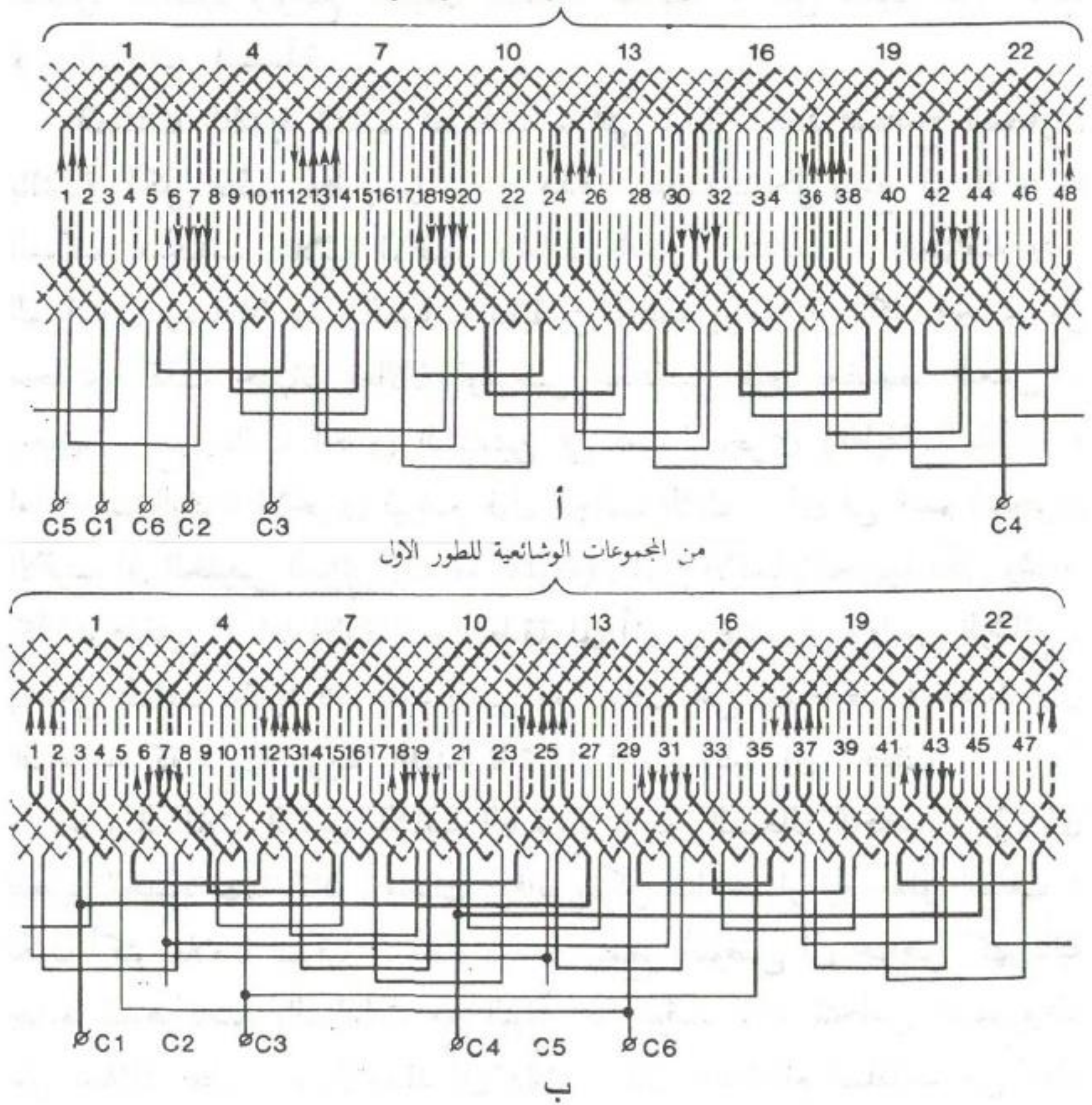
الخطوة المقصرة والوضع الكثيف للأقسام الجبهية ، التي تكون اقل حجما في الملفات السلسلية .

الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، التي تمتاز بعدد صحيح للمجاري بالنسبة لكل قطب وطور. وتستخدم هذه الملفات بشكل واسع في الاعضاء الساكنة للمكنات الثلاثية الاطوار والعاملة بالتيار المتناوب ، المتزامنة وغير المتزامنة . وبما ان هذه الملفات بطبقتين ، فانه يوضع في كل مجرى من مجاري القلب جانبان فعالان لوشيعتين مختلفتين فوق بعضهما البعض ، بحيث يوضع جانب احدى الوشيعتين في قعر المجرى (الطبقة السفلية) ، اما جانب الوشيعة الاخرى فيوضع فوق الجانب الاول ، اى في قسم المجرى الاقرب الى الخلوص الهوائي (الطبقة العلوية) وتشغل الاقسام الجبهية لكل وشيعة كذلك طبقتين ، اما الانتقال من طبقة الى أخرى فيتم في رؤوس الوشائع . ويدعى الملف عقديا لانه عند السير مع الملف على المخطط ، نضطر الى القيام بحركة شبيهة بربط العقدة تارة الى الامام وتارة الى الخلف .

وان الملفات العقدية الثنائية الطبقات تفسح المجال للحصول على اى تقصير للخطوة مهما كان . ولذلك ، فانه يمكن هنا اختيار اية خطوة للملف ، تكون أكثر ملاءمة للمكنة المعطاة ، مما يسمح بالتوصل الى خواص كهربائية جيدة للمحركات والمولدات مع التوفير في الوقت ذاته للنحاس المصروف على اسلاك اللف . وبالاضافة الى ذلك ، فان استخدام الملفات من هذا النمط المعنى يسمح بسهولة بمكننة عملية تصنيع الوشائع ذات الشكل المتشابه .

وفي العديد من الحالات ، فان استخدام الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، يفسح المجال لاستعمال نفس القالب لتحضير قلوب المكنات المحسوبة على عدد مختلف من الاقطاب ، ويسمح ذلك عند الاصلاح ، بتنفيذ الملف على نفس القلب ، ولكن على عدد آخر من الاقطاب يختلف عن العدد الاولى للاقطاب .

ويبين الشكل ٥٠ ، أ المخطط المنشور للملف العقدى الثلاثي الاطوار $(m=3)$ والثنائي الطبقات ، ذى المعطيات التالية : $z=48,\ 2p=8,$ $y=5,\ a=1$ ولندرس فيما يلي بعض الخصائص للملفات من هذا النوع .



الشكل ٥٠ – المخططات المنشورة للملفات العقدية الثلاثية الاطوار والثنائية الطبقات ($2p = 8$ ، $z = 48$ ، $y = 5$):

أ – عندما $a = 1$ ، ب – عندما $a = 2$

قبل كل شئ ، ليس من الصعب ملاحظة أن عدد وشائع الملف الثنائى الطبقات يساوى لعدد المجارى . فبالفعل يقع فى كل مجرى جانبان فعالان للوشائع ، اى العدد الكلى للجوانب الفعالة فى الملف هو $2z$. وبما أن كل وشيعة تحتوى كذلك على جانبين فعالين ، فان كمية الوشائع فى الملف ستكون مساوية لـ : $2z/2 = z$ ، اى لعدد المجارى . ويكون عدد الوشائع بالنسبة لكل طور مساويا لـ $z/m = z/3$.

ولنجد عدد المجارى بالنسبة لكل قطب ولكل طور فى الملف : $q = z/(2pm) = 48/(8 \cdot 3) = 2$.

وقد ذكرنا فيما سبق ، ان الملفات التى يكون فيها q عددا زوجيا ، تكون كل مجموعة وشائعية فيها حاوية على q وشيعة . اما كمية المجموعات الوشائعية فى طور الملف ، فيمكن تحديدها بتقسيم عدد الوشائع فى الطور على عدد الوشائع الموجودة فى كل مجموعة وشائعية ، اى : $z/(mq) = 48/(3 \cdot 2) = 8 = 2p$ ويمكن القول بشكل آخر ان عدد المجموعات الوشائعية فى الطور لدى الملفات الجارية دراستها يساوى لعدد الاقطاب . اما العدد الكلى للمجموعات الوشائعية للملف k فهو سيكون أكبر بثلاث مرات ، اى $k = m \cdot 2p = 6p$.

ولنحدد الآن قيمة التقسيم القطبى τ . فبما ان الملف محسوب على $2p$ قطبا ، فان كامل دائرة القلب تحتوى على $2p$ تقسيمة قطبية ، وفى الوقت ذاته يوجد z مجرى على دائرة القلب . وبالتالى فان كل تقسيمة قطبية τ يوجد فيها عدد من المجارى يساوى $z/(2p)$ ، أى $\tau = z/(2p) = 48/8 = 6$.

ولو كان لنفس الملف خطوة قطرية ، لكانت قيمتها $(y = \tau)$ ستة . اما فى المخطط المدروس فيوجد لدينا $y = 5$ ، اى ان الملف تم تنفيذه بالخطوة المقصرة ، بحيث ان معامل التقصير $k_y = y/\tau = 5/6 \approx 0{,}8$. ويؤدى مثل هذا التقصير للخطوة الى تحسين خواص المكنة بشكل فعال ؛ غير انه لا بد من زيادة عدد اللفات فى الوشائع عند تقصير الخطوة ، وذلك لكى تصبح القوة المحركة الكهربائية المتولدة فيها بنفس القيمة التى تكون عند استخدام الخطوة القطرية .

ولندرس الآن مواضع الوشائع والمجموعات الوشائعية للملف ، وكذلك توصيلاتها ، لذا فلنتابع اولا تشكيل احد الاطوار ، مثلا الطور الاول .

تتألف المجموعة الوشائعية الاولى للطور الاول من وشيعتين موصولتين على التسلسل ، بحيث يشغل طرفاهما الفعالان الطبقة العلوية من المجريين ١ و ٢ ، والطبقة السفلية فى المجريين ٦ و ٧ . اما الطبقات العلوية للمجارى ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ فهى تحتوى على وشائع الطورين الآخرين . وتنشغل الطبقات

العلوية للمجريين ٧ و ٨ بوشائع الطور الاول ، الداخلة فى المجموعة الوشائعية الثانية له . وتشغل وشائع هذه المجموعة الوشائعية ايضا الطبقة السفلية للمجريين ١٢ و ١٣ . اما المجموعة الوشائعية الثالثة للطور الاول فهى تشغل الطبقة العلوية للمجريين ١٣ و ١٤ وكذلك الطبقة السفلية للمجريين ١٨ و ١٩ .

وليس من الصعب ملاحظة أن الطبقات العلوية للمجريين الاوليين المتجاورين فى الملف الجارى بحثه (بالحالة العامة q مجرى) تنشغل بالجوانب الفعالة لوشائع احد الاطوار ، وفيما بعد يتكرر ذلك (على مسافة تعادل $2q$) . وتمتاز الطبقات السفلية للمجارى بنفس هذا التتابع ، غير ان الانزياح بين الجوانب الفعالة لوشائع نفس الطور فى الطبقات العلوية والسفلية يساوى خطوة الملف y . ويجب تذكر هذه المفاهيم ، لانها تستخدم عند رسم مخططات الملفات الثنائية الطبقات ذات العدد الصحيح q .

وتخرج بداية الطور الاول للملف الجارى بحثه من الطبقة العلوية للمجرى الاول ، اما نهاية الطور الاول فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى الثالث والاربعين . وكما هو معروف ، يجب ان تبعد بداية الطور التالى عن بداية الطور السابق بمقدار $2\tau/3$ (١٢٠ درجة كهربائية) ، اى بمقدار ٢×٦/٣=٤ مجار ، وبالتالى فان بداية الطور الثانى سوف تخرج من الطبقة العلوية للمجرى رقم ٥ (١ + ٤ = ٥) ، اما بداية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٩ (٥ + ٤ = ٩) . وتطبق نفس القاعدة على نهايات الاطوار ، ولذا فان نهاية الطور الثانى تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٤٧ ، حيث أن (٤٣ + ٤ = ٤٧) ، اما نهاية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٣ ، حيث أن (٤٧ + ٤ – ٤٨ = ٣) .

ولندرس الآن نظام تسلسل الوصل للمجموعات الوشائعية فى أطوار الملف ، حيث توصل المجموعات الوشائعية للطور الواحد ، فيما بينها على الشكل التالى : التيار المار عبرها يشكل $2p$ قطبا متتابعة بانتظام (فى حالتنا هذه ٨ أقطاب) . ولهذا الغرض يجب ان تكون اتجاهات التيارات متعاكسة فى المجموعات الوشائعية المتجاورة ، اى اذا كان التيار فى المجموعة

الوشائعية الاولى يمر فى الوشيعة باتجاه عقارب الساعة ، فانه يمر فى المجموعة الوشائعية الثانية لنفس هذا الطور بعكس اتجاه عقارب الساعة ، وفى المجموعة الوشائعية الثالثة يمر التيار مجددا باتجاه عقارب الساعة ، وفى المجموعة الرابعة يمر بعكس اتجاه عقارب الساعة ، وهكذا دواليك . وسنحصل على اتجاهات التيارات هذه عند الوصل التسلسلى للمجموعات الوشائعية ، اذا وصلنا نهاية المجموعة الوشائعية الاولى (التى تخرج من الطبقة السفلية للمجرى ٧) مع نهاية المجموعة الوشائعية الثانية (التى تخرج من الطبقة السفلية للمجرى ١٣) ، واذا وصلنا بداية المجموعة الوشائعية الثانية (الطبقة العلوية للمجرى ٧) مع بداية المجموعة الثالثة (الطبقة العلوية للمجرى ١٣)، وهكذا . وبكلمات اخرى ، يجب عند توصيل المجموعات الوشائعية بالتسلسل فى مثل هذا الملف ، ان نوصل بداية مجموعة ما مع بداية المجموعة التالية ، وان نوصل نهاية تلك المجموعة مع نهاية المجموعة التالية .

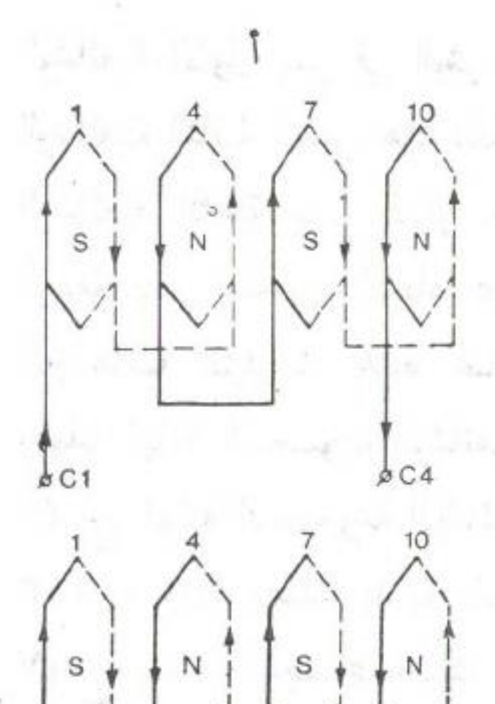
ويجب الانتباه ، الى أنه فى احد المجارى لكل تقسيمة قطبية فى ملفنا هذا (المجارى ٦ و ١٢ و ١٨ والخ) ، يكون اتجاها التيارين فى الطبقتين العلوية والسفلية متعاكسين. وهذا ناجم عن تقصير الخطوة بمعدل مجرى واحد بالمقارنة مع الخطوة القطرية ، فاذا كان التقصير يعادل مجريين ، اى اذا كانت الخطوة تساوى ٤ ، فان الاتجاهات المتلاقية للتيارات تكون فى مجريين لكل تقسيمة قطبية . اما عند استخدام الخطوة القطرية فلن نحصل البتة على تيارات متلاقية الاتجاه فى نفس المجرى .

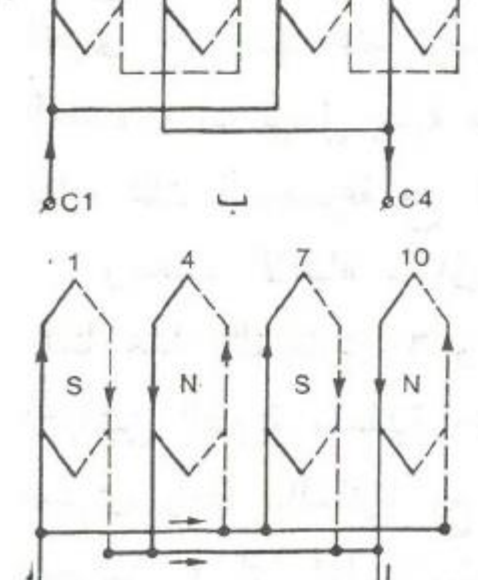
ان مخطط الملف المدروس من قبلنا خال من الفروع المتوازية $(a=1)$. غير انه ، قد يحتاج الأمر الى وصل الملف على شكل عدة فروع متوازية ، وذلك تبعا للمعطيات الحسابية للملف . وتظهر الحاجة لذلك عادة ، عند وجود تيارات عالية فى الطور .

ويبين الشكل ٥٠ ، ب مخططا لملف مشابه للملف السابق ، ولكنه يحتوى على فرعين متوازيين فى الطور الواحد $(a=2)$.

اما الشكل ٥١ فيوضح مبدأ توصيل المجموعات الوشائعية عند تشكيل الفروع المتوازية . وهنا توجد ثلاثة مخططات لتوصيل المجموعات الوشائعية

الشكل ٥١ – مخططات توصيل المجموعات الوشائعية فى طور الملف الثنائى الطبقات والرباعى الاقطاب :
أ – على التسلسل عندما $a=1$ ، ب – مختلط عندما $a=2$ ، جـ – على التوازى عندما $a=4$



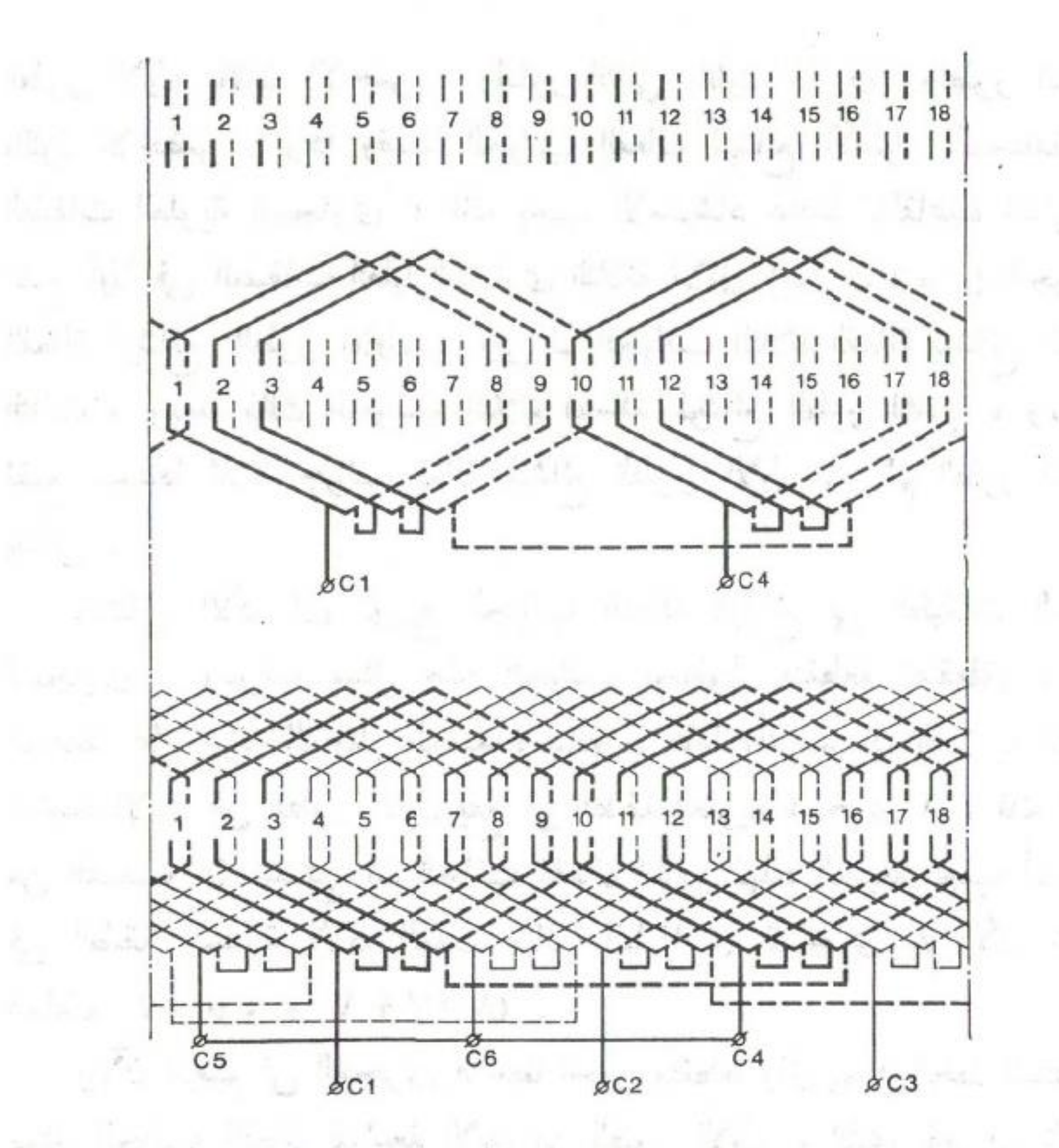


لطور واحد فى ملف رباعى الاقطاب . فالشكل ٥١، أ يبين أن جميع المجموعات الوشائعية موصولة على التسلسل ، اما الشكل ٥١ ، ب فيبين أنها موصولة بفرعين متوازيين ، ويبين المخطط على الشكل ٥١ ، جـ انها موصولة باربعة فروع متوازية . وعند تشكيل الفروع المتوازية ، يبقى اتجاه التيارات فى المجموعات الوشائعية، وبالتالى قطبية الاقطاب فى المجال المغناطيسى، كما كان عند الوصل المتسلسل للمجموعات الوشائعية للملف . وان أكبر عدد ممكن للفروع المتوازية فى طور الملف الثنائى الطبقات ، ذى العدد الصحح q ، يكون مساويا لعدد المجموعات الوشائعية فى الطور ، اى لعدد الاقطاب $a_{\max}=2p$.

وبعد استيضاح الخواص الاساسية ومبادئ انشاء الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، لننشئ المخطط المنشور لمثل هذا الملف (الشكل ٥٢) مع المعطيات التالية : $z=18$ ، $2p=2$ ، $a=1$ ، $m=3$.

ولنحدد اولا عدد المجارى بالنسبة للقطب والطور : $q=z/(2pm)=$ $=18/(2\cdot 3)=3$.

ولنختار خطوة الملف، ولهذا الغرض نجد النقسيمة القطبية : $\tau=z/(2p)=$ $=18/2=9$.



الشكل ٥٢ — رسم مخطط الملف العقدى الثلاثى الاطوار والثنائى الطبقات ($z=18$ ، $2p=2$ ، $a=1$) وتوصيل الاطوار بشكل نجمة Y

سوف ننفذ هذا الملف بالخطوة المقصرة ، بعد اتخاذ معامل التقصير $k_y \approx 0{,}8$. وتصبح خطوة الملف عندئذ $y=k_y\tau=0{,}8\times9=7{,}2\approx7$.

وهكذا ، نعتبر أن الخطوة المقصرة للملف تساوى ٧ ، أى اقل من الخطوة القطرية بتدريجتين سنيتين .

ولنرسم الآن ١٨ خطا شاقوليا مستمرا ، تعبر عن الجوانب الفعالة للوشائع الواقعة فى الطبقات العلوية للمجارى ، ولنقطع وسط كل خط لنكتب فى هذا المكان رقم المجرى. ويجب ان نميز الخطوط التى تمثل الجوانب الفعالة للوشائع التى تنتمى الى اطوار مختلفة، عن بعضها البعض باللون مثلا :

الطور الاول باللون الاحمر ، والطور الثانى باللون الازرق، والطور الثالث باللون الاخضر . واذا وضعنا الجوانب الفعالة لوشائع الأطوار المختلفة فى الطبقات العلوية للمجارى ، فانه يجب الاسترشاد عندئذ بالقاعدة التالية : نضع أولا فى الطبقات العليا للمجارى الثلاثة الاولى (بما ان $q=3$) الجوانب الفعالة لوشائع الطور الاول ، ومن ثم الجوانب الثلاثة الفعالة لوشائع الطور الثالث ، وبعد ذلك الجوانب الثلاثة الفعالة لوشائع الطور الثانى ، وبعدئذ نضع مجددا ثلاثة جوانب فعالة لوشائع الطور الاول ، ثم الطور الثالث والثانى .

ولننتقل الآن الى توزيع الجوانب الفعالة للوشائع فى الطبقات السفلية للمجارى . وسوف نمثل هذه الجوانب بخطوط متقطعة (منقطة) ، مع الحفاظ على الوان الاطوار المعتمدة سابقا . فاذا افترضنا ان الجانب الفعال للوشيعة الاولى من الطور الاول يقع فى الطبقة العلوية للمجرى ١ ، فانه ليس من الصعب ان نستنتج ان الجانب الفعال الثانى لهذه الوشيعة يجب أن يقع فى الطبقة السفلية (لان الملف ثنائى الطبقات) للمجرى ٨ (لأن خطوة الملف $y=7$ ، و ١+٧=٨) .

والآن لنرسم فى المجرى ٨ خطا احمر متقطعا (الى يمين الخط المتصل) يمثل الجانب الفعال للوشيعة الاولى من الطور الاول ، الذى يقع فى الطبقة السفلية لهذا المجرى . وفيما بعد ، يتم توزيع الجوانب الفعالة للوشائع فى الطبقات السفلية للمجارى كما فى الطبقات العلوية : توضع فى المجارى الثلاثة ٨ و ٩ و ١٠ فى طبقاتها السفلية على التتابع ، الاطراف الفعالة لوشائع الطور الاول ، بحيث ترسم بخطوط متقطعة من اليمين وباللون الاحمر . أما فى الطبقات السفلية للمجارى الثلاثة التالية ، فتوضع الجوانب الفعالة لوشائع الطور الثالث ، التى ترسم ايضا من اليمين وبخط متقطع ولكن باللون الاخضر . ومن ثم فى المجارى الثلاثة التالية توضع الجوانب الفعالة لوشائع الطور الثانى التى تمثل بخطوط متقطعة من اللون الازرق ، ويلى ذلك مجددا ثلاثة مجار بالتتابع ترسم بخطوط متقطعة حمراء اللون ، وهكذا دواليك .

والمرحلة التالية لوضع المخطط المنشور للملف ، هى تشكيل المجموعات

الوشائعية لأحد الاطوار ، مثلا للطور الاول . فبما أن عدد المجارى فى حالتنا هذه بالنسبة للقطب والطور يساوى ثلاثة ($q=3$) ، فان كل مجموعة وشائعية سوف تتألف من ثلاث وشائع . ويقع أحد جانبى الوشيعة الاولى للمجموعة الوشائعية الاولى ، كما ورد اعلاه ، فى الطبقة العلوية للمجرى ١ ، اما جانبها الثانى فيقع فى الطبقة السفلى للمجرى ٨ (وذلك لأن $y=7$ ، ولأن ١ + ٧ = ٨) . ويتم تمثيل الوشيعة على هيئة شكل سداسى يذكر بالشكل الحقيقى للوشيعة . وتمثل الاقسام الجبهية للوشائع بحيث ترسم انصاف الاقسام الجبهية المجاورة للجانب الفعال للوشيعة ، الواقع فى الطبقة العلوية للمجرى ، بخط متصل مثل الجانب الفعال ذاته ، اما انصاف الاقسام الجبهية المجاورة للجانب الفعال للوشيعة الواقع فى الطبقة السفلية فيرسم مثل الجانب الفعال ذاته بخط متقطع. وتمثل بنفس الطريقة الوشيعتان الاخريتان للمجموعة الوشائعية ، الواقعتان على التتابع فى المجارى ٢ — ٩ و ٣ — ١٠ .

ولتشكيل المجموعة الوشائعية ، من الضرورى وصل الوشائع الثلاث على التسلسل ، اى يجب وصل نهاية الوشيعة الاولى ، الخارجة من الطبقة السفلية للمجرى ٨ ، مع بداية الوشيعة الثانية ، التى تدخل الى الطبقة العلوية للمجرى ٢ ، ويرمز لهذا الوصل بقطعة مسنعرضة بين الاقسام الجبهية الموافقة ، المبينة على الجزء السفلى للمخطط . ونوصل بواسطة قطعة مستعرضة مشابهة نهاية الوشيعة الثانية ، الخارجة من الطبقة السفلية للمجرى ٩ ، مع بداية الوشيعة الثالثة الداخلة الى الطبقة العلوية للمجرى ٣ . وهكذا ، فقد تشكلت لدينا المجموعة الوشائعية الاولى ، التى تخرج بدايتها من الطبقة العلوية للمجرى ١ ، وتخرج نهايتها من الطبقة السفلية للمجرى ١٠ . وتتشكل بنفس الطريقة ايضا المجموعة الوشائعية الثانية للطور الاول . ويتم اخراج بداية المجموعة الثانية من الطبقة العلوية للمجرى ١٠ ، اما نهايتها فتخرج من الطبقة السفلية للمجرى ١ . وبما أن الملف المعطى بقطبين ، فان الطور فيه يضم مجموعتين وشائعيتين .

ولنبدأ الآن بتشكيل طور الملف ، وكان قد ورد اعلاه ان التتابع الصحيح للأقطاب فى الملف الثنائى الطبقات يكون فى تلك الحالة ،

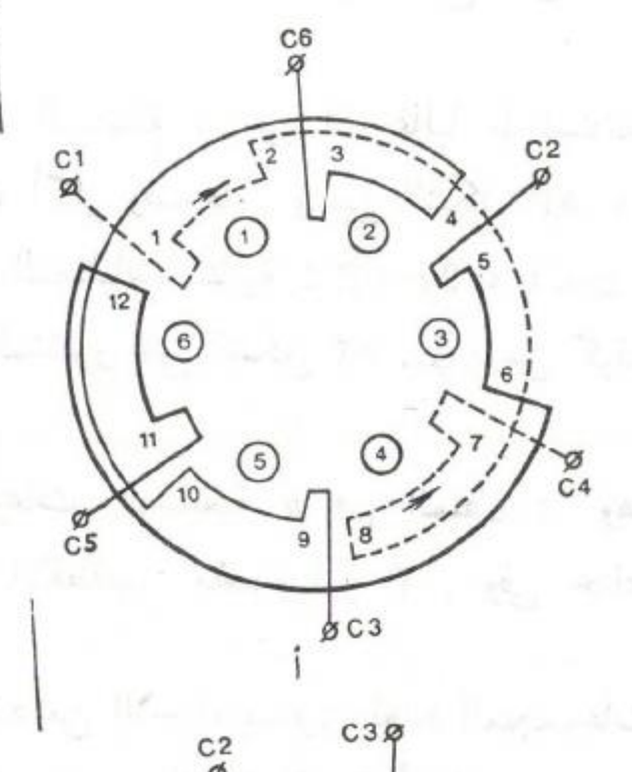
عندما توصل البداية مع البداية والنهاية مع النهاية لدى المجموعات الوشائعية التى تشكل الاطوار . ففى الملف المعطى يحتوى الطور على مجموعتين وشائعيتين فقط ، ولذا توصل نهاية المجموعة الاولى مع نهاية المجموعة الثانية . ونمثل ذلك بخط يصل المأخذ الخارج من الطبقة السفلية للمجرى ١٠ مع المأخذ الخارج من الطبقة السفلية للمجرى ١ .

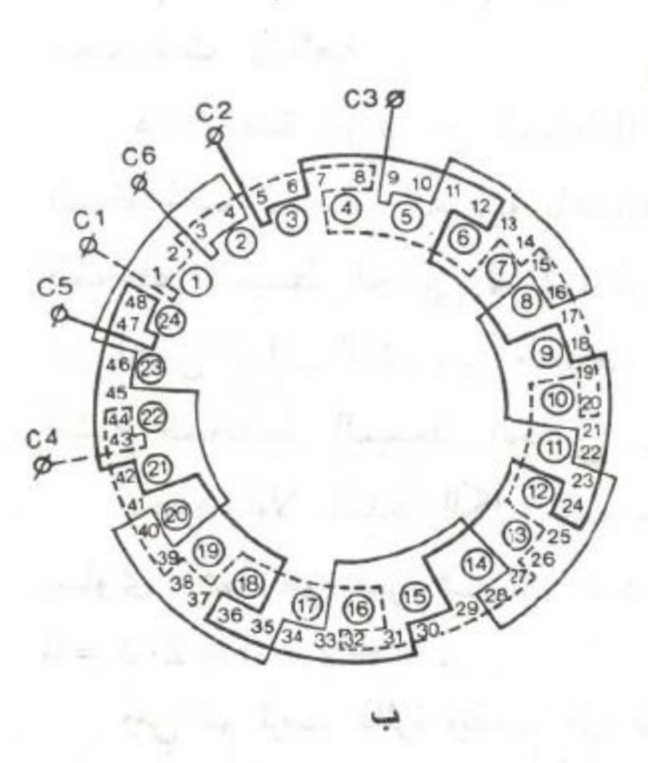
ويجب ان لا يحتوى الملف المعطى على فروع متوازية $(a = 1)$ ، وكذلك يجب توصيل المجموعات الوشائعية فى الطور الواحد على التسلسل . ولذلك ، فان بداية الطور الأول للملف ستكون هى بالذات بداية المجموعة الوشائعية الاولى الخارجة من الطبقة العلوية للمجرى ١ ، وتكون نهاية الطور الاول للملف هى بداية المجموعة الوشائعية الثانية لهذا الطور ، التى تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ١٠ .

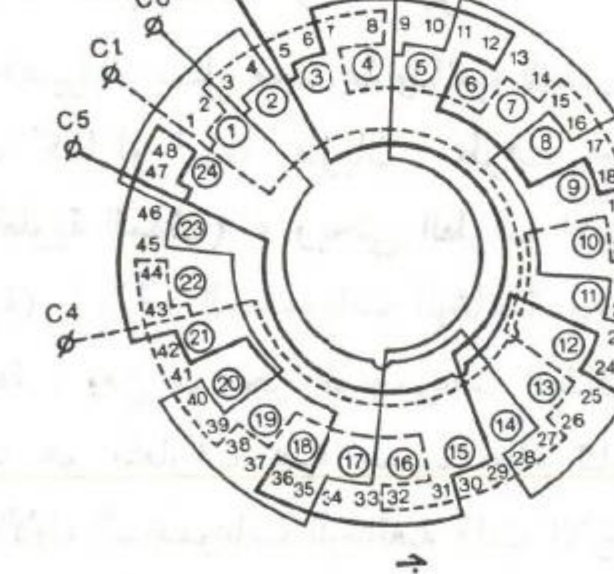
ويتم انشاء مخططات الطورين الثانى والثالث للملف تماما كما تم انشاء مخطط الطور الاول ، لذا لا يحتاج الامر هنا الى توضيحات خاصة . ونحدد فقط ارقام المجارى التى يجب ان تخرج منها بدايات ونهايات الطورين الآخرين . وكما هو معروف ، فان بداية الطور التالى فى الملف الثلاثى الاطوار يجب ان تبعد عن بداية الطور السابق بمقدار $2\tau/3$ ، اى فى حالتنا هذه ٢ × ٩/٣ = ٦ مجار. وبما أن بداية الطور الاول تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ١ ، فان بداية الطور الثانى يجب ان تخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٧ (١ + ٦ = ٧) ، اما بداية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ١٣ . ويتم اخراج نهاية الطور الثانى من الطبقة العلوية للمجرى ١٦ (١٠ + ٦ = ١٦) ، اما نهاية الطور الثالث فتخرج من الطبقة العلوية للمجرى ٤ (١٦ + ٦ — ١٨ = ٤) .

وبعد القيام بشكل مستقل برسم عدة مخططات منشورة للملفات العقدية الثنائية الطبقات، وبمعطيات مختلفة $(2p, z, a, y)$ ، يمكن اكتساب المهارة فى رسم مثل هذه المخططات ، وهذا هام للغاية بالنسبة لعامل لف واصلاح وعزل المكنات الكهربائية ، وذلك لان ملفات المكنات الكهربائية من هذا النوع تصادف غالبا .

وعند انجاز الملفات العقدية الثنائية الطبقات ، والمؤلفة من وشائع طرية ، لا تحضر عادة الوشائع على حدة وانما تحضر مجموعات وشائعية بأكملها و بشكل مسبق ، تكون الوشائع فيها موصولة مع بعضها على التسلسل . ولا يرفع ذلك انتاجية العمل فقط ، وانما يسهل لحد كبير ايضا عملية تجميع المخطط . وبما أن المجموعات الوشائعية توضع بشكل جاهز فى القلوب ، فانها تعتبر العنصر الاساسى للملف ، الذى يتم التعامل معه عند تنفيذ الوصلات . وتسمح هذه الظروف بامكانية استخدام ما يسمى بالمخططات المبسطة للملفات ، حيث لا تكون الوشيعة هى العنصر الاساسى للمخطط ، بل المجموعة الوشائعية بكاملها . ويكون من المناسب رسم المخططات







الشكل ٥٣ – مخططات جانبية مبسطة للملفات الثنائية الطبقات والثلاثية الاطوار :
أ – عندما $2p = 2$ ، $a = 1$ ؛
ب – عندما $2p = 8$ ، $a = 1$ ؛
جـ – عندما $2p = 8$ ، $a = 2$

المبسطة ، عند تنفيذ الملفات الكثيرة الاقطاب ، والموضوعة فى قلوب لها عدد كبير من المجارى ، حيث تكون المخططات المنشورة لمثل تلك الملفات معقدة للغاية وكبيرة الحجم ، ويحتاج رسمها لوقت كبير ، و من الصعب استخدامها عند تنفيذ اعمال اللف .

ومن الجدير بالذكر ، انه عند تنفيذ الملفات الحاوية على وشائع جسيئة ، تحضر كل وشيعة وتوضع فى مجراها بشكل منفصل ، ولكن الوشائع توصل فى بادئ الامر لتشكل مجموعات وشائعية ، وبعد ذلك فقط يتم تشكيل اطوار الملف من المجموعات الوشائعية . وعلى هذا المنوال ، من الملائم هنا ايضا استخدام المخططات المبسطة بعد وصل الوشائع على شكل مجموعات وشائعية .

هناك عدة انواع من المخططات المبسطة ، غير انه غالبا ما تستخدم المخططات المبسطة الجانبية باعتبارها أكثر وضوحا . ويبين الشكل ٥٣ ، أ المخطط المبسط الجانبى للملف ذى المعطيات التالية : $2p=2$ ، $a=1$ ، اى لنفس الملف الذى يبين مخططه المنشور على الشكل ٥٢ . ولندرس كيفية انشاء المخطط المبسط الجانبى .

يحدد اولا العدد الكلى للمجموعات الوشائعية k فى الملف ، وهو يساوى كما هو معروف ، لعدد الاقطاب مضروبا بـ ٣ . وفى حالتنا $k=2p\cdot3=2\cdot3=6$.

ومن ثم ترسم دائرة وتقسم الى عدد من الاجزاء يساوى لعدد المجموعات الوشائعية للملف ، اى فى حالتنا هذه تقسم الدائرة الى ٦ أجزاء .

وكل جزء من الدائرة و هى قوس قصيرة ، يمثل مجموعة وشائعية للملف . ويرسم طرفا كل قوس على المخطط ، كما لو انهما مطويان : طرف يحنى نحو مركز الدائرة (مأخذ من الطبقة العلوية للملف) ، ويحنى الطرف الآخر نحو الخارج (مأخذ من الطبقة السفلية) . وترقم المجموعات الوشائعية بحيث يجرى العد حسب اتجاه عقارب الساعة ، ومن ثم تجزأ المجموعات الوشائعية الى اطوار . وفى الحالة العامة ، كما هو متعارف عليه حسب نظام تتابع المناطق الطورية ، تنتسب الى الطور الاول المجموعات الوشائعية ذات الارقام

١ ، ٤ ، ٧ ، ١٠ والخ ، وتنتسب الى الطور الثانى المجموعات الوشائعية ذات الارقام ٣ ، ٦ ، ٩ ، ١٢ ، ١٥ والخ ، وتنتسب الى الطور الثالث المجموعات الوشائعية ذات الارقام ٥ ، ٨ ، ١١ ، ١٤ والخ ، بحيث ان المجموعة الوشائعية الاخيرة سوف تحمل الرقم التسلسلى ٢ . وفى حالتنا هذه (للملف الثنائى الاقطاب) تنتمى الى الطور الاول المجموعات الوشائعية ١ و ٤ ، وتنتمى الى الطور الثانى المجموعات الوشائعية ٣ و ٦ ، اما للطور الثالث فتنتمى المجموعات الوشائعية ٥ و ٢ .

وبعد ذلك تبين على المخطط شرطيا اتجاهات التيارات المارة فى المجموعات الوشائعية لاحد الاطوار ، وعادة للطور الاول . ويبين عادة اتجاه التيار شرطيا فى المجموعة الوشائعية الاولى للطور الاول ، من البداية (المأخذ العلوى) حتى النهاية (المأخذ السفلى) ، اما اتجاه التيار فى المجموعة الوشائعية التالية للطور الاول (رقمها المتسلسل ٤) فيجب ان يكون معاكسا ، اى من النهاية (المأخذ السفلى) حتى البداية (الماخذ العلوى) . وهكذا ، ففى ملفنا هذا يجب وصل المأخذ السفلى (النهاية) للمجموعة الوشائعية رقم ١ مع المأخذ السفلى ايضا (النهاية) للمجموعة الوشائعية رقم ٤ . وتعتبر بداية الطور الاول (C1) هى بداية (المأخذ العلوى) المجموعة الوشائعية رقم ١ ؛ اما نهاية الطور الاول (C4) فهى بداية (المأخذ العلوى) المجموعة الوشائعية رقم ٤ .

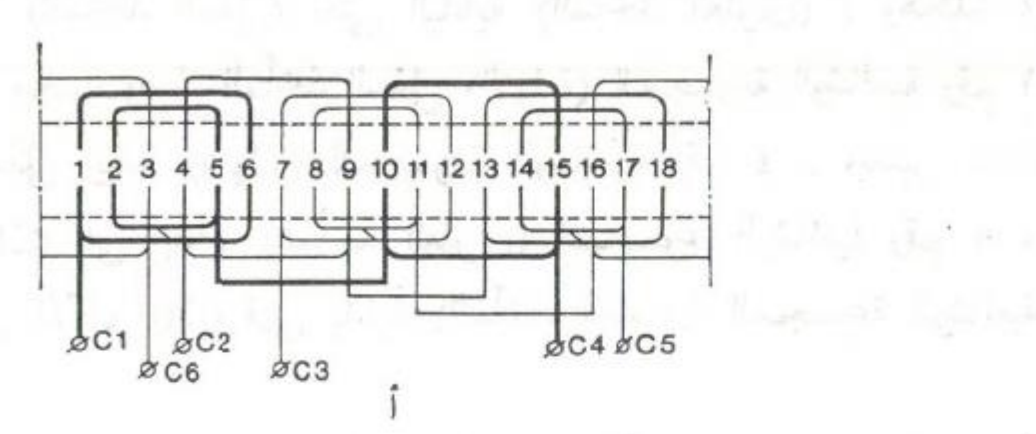
والآن لنجد موقع بدايات ونهايات الطورين الآخرين . يجب ان تبعد بداية الطور الثانى عن بداية الطور الاول بمقدار ١٢٠ درجة كهربائية ، اى بمقدار منطقتين طوريتين . واذا نظرنا الى المخطط ، فانه ليس من الصعب تحديد ان بداية الطور الثانى (C2) يجب ان تخرج من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائعية رقم ٣ ، ونهايته (C5) تخرج من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائعية رقم ٦ . وبالنسبة للطور الثالث سوف تخرج البداية (C3) من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائعية رقم ٥ ، اما نهايتها (C6) فتخرج من الطبقة العلوية (بداية) للمجموعة الوشائعية رقم ٢ .

ويبين توصيل اطوار الملف فى القسم المركزى للمخطط الجانبى المبسط ،

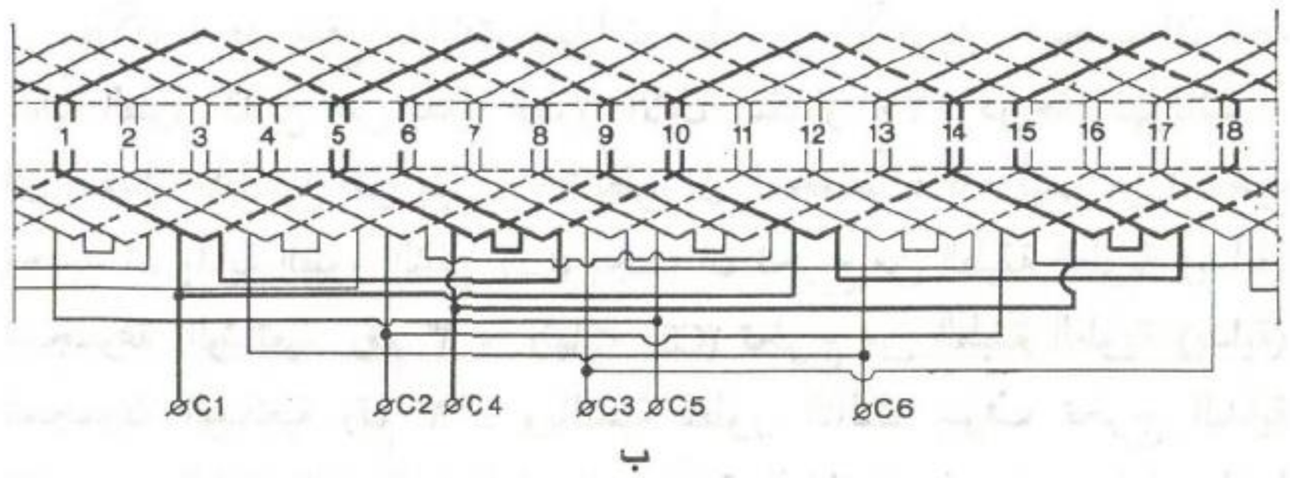
بحيث تمثل المجموعات الوشائعية هنا اصطلاحيا على هيئة دوائر صغيرة .

ويبين الشكل ٥٣ ، ب ، ج المخططات الجانبية المبسطة للملفات التى كانت مخططاتها المنشورة مبينة على الشكل ٥٠ ، أ ، ب . تعتبر المخططات المبسطة الجانبية ذات صفة عمومية ، اى سوف ترافق دوما هذا النوع من الملفات (عند وجود عدد معين من الاقطاب والفروع المتوازية) بغض النظر عن خطوة الملف وعدد مجارى القلب الذى توضع فيه .

ملفات ذات عدد كسرى للمجارى المنسوبة لكل قطب وطور (عدد q كسرى). تستخدم هذه الملفات غالبا فى الاعضاء الساكنة للمولدات المتزامنة عندما تكون $q < 3$. وتساعد مثل هذه الملفات هنا ، على تقارب منحنى القوة الدافعة الكهربائية المتحرضة ، من المنحنى الجيبى . ويتم السعى لتجنب الملفات ذات العدد الكسرى q فى الاعضاء الساكنة للمحركات اللامتزامنة ، وذلك لان استخدامها مرتبط ببعض الاخلال بالتماثل (التناظر)



أ



ب

الشكل ٥٤ – ملفات ثلاثية الاطوار بعدد كسرى q:

أ – ملف أحادى الطبقة عندما $z = 18$ ، $2p = 4$ ، $q = 1^1/_2$ ، $a = 1$ ؛ ب – ملف ثنائى الطبقات عندما $z = 18$ ، $2p = 4$ ، $q = 1^1/_2$ ، $a = 2$

للمجال المغناطيسى الذى تولده المكنة . غير انه عند اعادة لف المحركات مع تغيير عدد الدورات (عدد آخر للأقطاب) ، تنشأ احيانا ضرورة استخدام الملفات ذات العدد الكسرى q .

يمكن ان تكون الملفات ذات العدد الكسرى q بطبقة واحدة او بطبقتين . وفى الوقت الحاضر حظيت الملفات الثنائية الطبقات بالاستخدام الأكبر ، ويمكن تنفيذها بسهولة مهما كانت قيمة q عددا كسريا .

وقد ذكرنا سابقا ان عدد المجارى بالنسبة للقطب والطور q، يدل فى نفس الوقت على كمية الوشائع الموجودة فى المجموعة الوشائعية . فاذا كانت q عبارة عن عدد صحيح ، فان كل مجموعة وشائعية فى الملف يجب ان تضم عدد q من الوشائع ، اما اذا كانت q عددا كسريا ، فان المجموعات الوشائعية سوف تضم عددا مختلفا من الوشائع ، وبشكل متوسط فان كل مجموعة وشائعية تضم q وشيعة .

وعند رسم مخططات الملفات ذات العدد الكسرى q ، من الضرورى توزيع المجموعات الوشائعية الحاوية على عدد مختلف من الوشائع ، بين الاطوار بحيث تكون اطوار الملف متناظرة . ولندرس ، على سبيل المثال ، المخطط المنشور المبين على الشكل ٥٤ ، أ للملف المتمركز الأحادى الطبقة ، والرباعى الاقطاب ثلاثى الاطوار، الموضوع فى قلب يحتوى على ١٨ مجرى ($m=3$ ، $2p=4$ ، $z=18$ ، $a=1$) .

ولنحدد عدد المجارى بالنسبة للقطع والطور q : $q=z/(2pm)=$ $=18/(4 \cdot 3)=1^1/_2$ اى ان هذا الملف ذو عدد كسرى q .

بما ان الملف الجارى بحثه أحادى الطبقة ، فان كل وشيعة فيه تشغل مجريين ، فان العدد الاجمالى للوشائع يساوى ٩ ، وسيحتوى كل طور على ثلاث وشائع . ومن المعروف أن عدد المجموعات الوشائعية فى كل طور من اطوار الملف الأحادى الطبقة يساوى لعدد ازواج الاقطاب ، لذا ينتج انه فى حالتنا هذه ($p=2$) يتألف طور الملف من مجموعتين وشائعيتين ، وبما ان الطور يحتوى على ثلاث وشائع فقط ، فان احدى المجموعتين سوف تضم وشيعتين (المجموعة الوشائعية الكبيرة) اما المجموعة

الثانية فسوف تضم وشيعة واحدة (المجموعة الوشائعية الصغيرة) . والملف بكامله يتألف من ست مجموعات وشائعية ، ثلاث منها (كبيرة) تضم كل منها وشيعتين ، وثلاث مجموعات اخرى (صغيرة) تضم كل منها وشيعة واحدة .

ويبين الشكل ٥٤ ، ب المخطط المنشور للملف الثنائى الطبقات ، والمنفذ حسب المعطيات التالية: $m=3$ ، $2p=4$ ، $z=18$ ، $a=2$.

وهنا ، كما فى الحالة السابقة لدينا : $q = z/(2\,pm) = 18/(4\cdot 3) = 1^1/_2$.

غير انه يكون العدد الاجمالى للوشائع فى الملفات الثنائية الطبقات مساويا لعدد المجارى z ، اما عدد المجموعات الوشائعية فى الطور فهو يساوى عدد الاقطاب $2p$. ولذلك فان الملف قيد البحث يتألف من ١٨ وشيعة ، اى ست وشائع لكل طور ، اما عدد المجموعات الوشائعية فى الطور فهو ٤ ، بحيث ان مجموعتين فى الطور تتألف كل منهما من وشيعتين ، والمجموعتين الاخريتين تتألف كل منهما من وشيعة واحدة . ويتألف كل فرع من الفرعين المتوازيين $(a=2)$ من مجموعتين وشائعيتين موصولتين على التسلسل ، احداهما (مجموعة كبيرة) تتألف من وشيعتين ، والاخرى (مجموعة صغيرة) تتألف من وشيعة واحدة .

يمكن لف الملفات ذات العدد الكسرى q من وشائع مستقلة ، وكذلك من مجموعات وشائعية ملفوفة بسلك متصل .

وليس من الصعب ان نرى من الامثلة الواردة اعلاه ان الفرق الاساسى بين الملفات ذات العدد الصحيح او العدد الكسرى q ، ينحصر فى ان الملفات الاخيرة يتم تجميعها من مجموعات وشائعية تحتوى على عدد غير متساو من الوشائع . ولكى نراعى تماثل الملف عندئذ ، يجب ان يتواجد فى كل طور وكل فرع مواز نفس العدد من المجارى . وتضم عادة الملفات ذات العدد الكسرى q مجموعات وشائعية من النوعين : النوع الاول يضم المجموعات الصغيرة التى يساوى عدد الوشائع فيها الى العدد الصحيح الموجود فى q ، والنوع الثانى يضم المجموعات الكبيرة التى يزيد عدد الوشائع بمقدار وشيعة واحدة .

فمثلا ، اذا كان $q = 1^1/_2$ ، كما فى الملفات المدروسة اعلاه ، فان نصف المجموعات الوشائعية يكون من المجموعات الصغيرة وتتألف كل منها من وشيعة واحدة ، اما النصف الآخر فيتألف من المجموعات الكبيرة التى تتألف كل منها من وشيعتين ، بحيث تتناوب المجموعات الوشائعية الكبيرة والصغيرة .

اما اذا كان لدينا $q = 2^1/_2$ ، فان المجموعات الوشائعية الصغيرة تحتوى على وشيعتين ، اما المجموعات الوشائعية الكبيرة فتحتوى كل منها على ثلاث وشائع ، بحيث ان عدد المجموعات الوشائعية الكبيرة والصغيرة متساو ، وهى تتوزع على القلب بالتناوب .

وتكون الكمية المتوسطة من الوشائع المنسوبة لكل مجموعة وشائعية فى المثالين المدروسين اعلاه ، مساوية للعدد q . وبما ان الملفات فى الحالتين تتألف من عدد متساو من المجموعات الكبيرة والصغيرة ، فان العدد المتوسط للوشائع المنسوب للمجموعة الوشائعية فى الحالة الاولى يساوى $1^1/_2 = (1+2)/2$ ، وفى الحالة الثانية $2^1/_2 = (2+3)/2$.

ونحصل على مثل هذا الترافق البسيط نسبيا للمجموعات الوشائعية عندما يكون نصفها عبارة عن مجموعات كبيرة والنصف الآخر عبارة عن مجموعات صغيرة ، بحيث انها تتناوب على القلب ، فقط فى تلك الحالة عندما يكون الجزء الكسرى فى العدد q يساوى 1/2 .

ولندرس مثالا اعقد لملف ثلاثى الاطوار ثنائى الطبقات يتمتع بالمعطيات التالية: $z = 72$ ، $2p = 10$ ، فيكون لدينا بالنسبة لهذا الملف $q = z/(2pm) =$ $= 72/(10 \cdot 3) = 2^2/_5$.

ويمكن فى الحالة العامة كتابة العدد الكسرى q على هيئة مجموع العدد الصحيح والكسر : $q = b + c/d$ ، حيث تكون $b = 2$ ، $c = 2$ ، $d = 5$ فى مثالنا هذا .

كما ذكر اعلاه ، تتألف المجموعات الوشائعية الصغيرة فى الملفات ذات العدد الكسرى q ، من كمية من الوشائع تعادل العدد الصحيح للعدد الكسرى q ، اى فى حالتنا تتألف من وشيعتين ، باعتبار $b = 2$ ، اما

عدد الوشائع فى المجموعات الوشائعية الكبيرة فيكون أكبر بواحد مما فى المجموعات الوشائعية الصغيرة ، اى يساوى $b+1$. وبالتالى فان كل من المجموعات الوشائعية الكبيرة فى ملفنا هذا تحتوى على ثلاث وشائع .

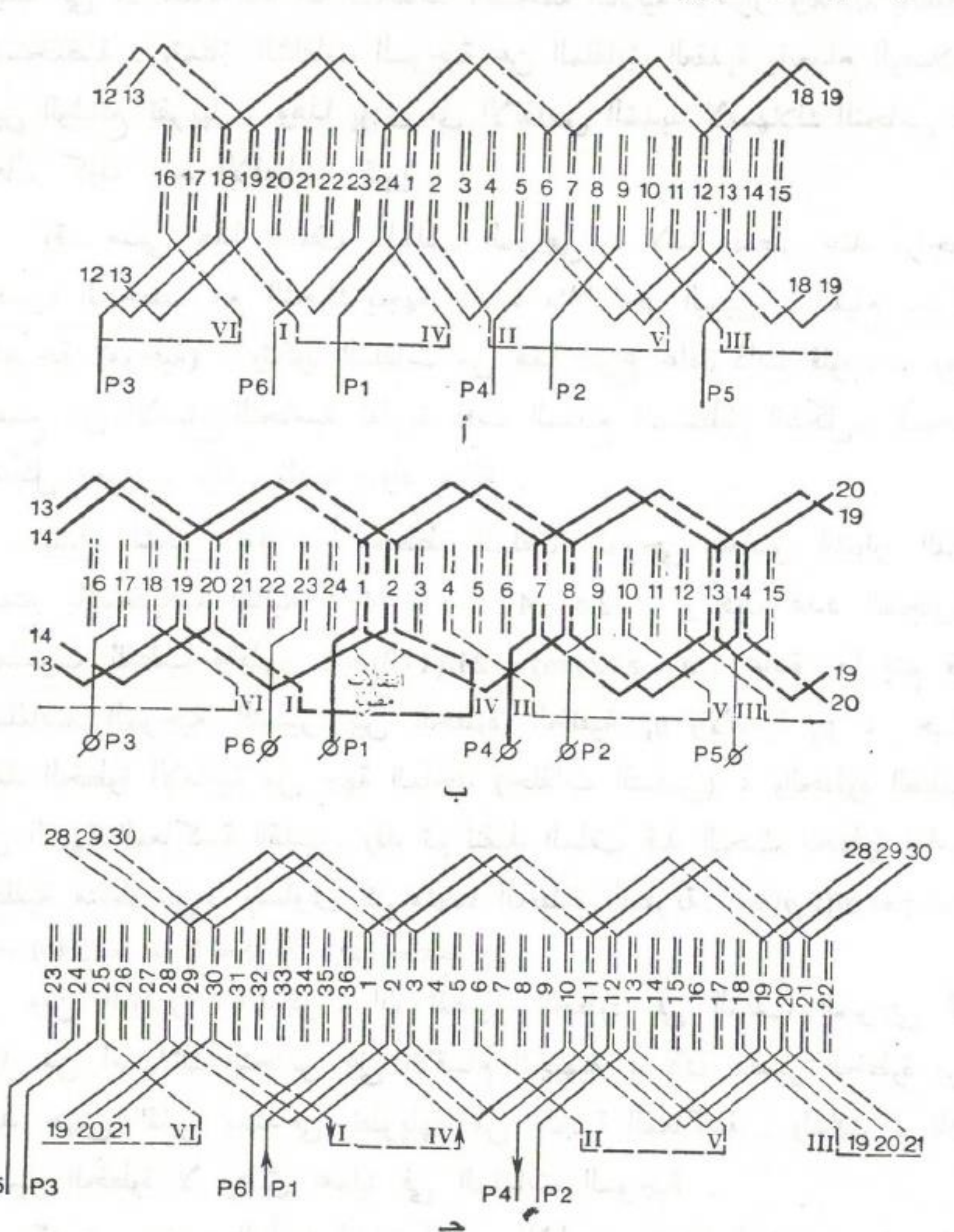
تتحدد النسبة بين كمية المجموعات الوشائعية الكبيرة والصغيرة فى الملف بأكمله وفى كل طور من اطواره باعتبارها متناظرة ، بواسطة الجزء الكسرى للعدد q . وبالفعل ، كى نحصل على الجزء الكسرى للعدد q الذي يساوى c/d، لابد ان يكون لدينا c مجموعة كبيرة و $d-c$ مجموعة صغيرة من اصل d مجموعة وشائعية توجد فى الملف . وهذا يعنى بالنسبة لمثالنا ، انه اذا اخذنا كل خمس $(d=5)$ مجموعات وشائعية للملف بكامله او احد اطواره ، فان مجموعتين وشائعيتين منها $(c=2)$ تكون كبيرة وتضم كل منها ثلاث وشائع $(b+1=2+1=3)$ ، اما المجموعات الوشائعية الثلاثة $(d-c=5-2=3)$ فتكون صغيرة تحتوى كل منها على وشيعتين $(b=2)$.

وان نظام تناوب المجموعات الوشائعية الكبيرة والصغيرة ضمن الفئة المؤلفة من d مجموعة وشائعية (فى حالتنا $d=5$) ، ليست له اهمية خاصة ، ويمكن اخذه بشكل اختيارى . غير انه يتم السعى عادة الى تناوب المجموعات الوشائعية الكبيرة والصغيرة بشكل منتظم قدر الامكان ، مثلا كما يلى فى حالتنا هذه : (٢ — ٣ — ٢ — ٣ — ٢) . ويدل الرقم ٢ أو ٣ فى هذه الكتابة على كمية الوشائع الموجودة فى المجموعة الوشائعية المعطاة . أما التجميع الفئوى نفسه (وهو مبين ضمن قوسين) المؤلف من d مجموعة وشائعية فيسمى **بدور التناوب** .

وبما ان الملف المدروس ثنائى الطبقات ، لذا فان كمية المجموعات الوشائعية فى كل طور من اطواره تساوى لعدد الاقطاب $2p$ ، اى تساوى ١٠ . وبالتالى فان كل طور من اطوار الملف يحتوى على دورين للتناوب ، ويحتوى الملف بأكمله على ستة ادوار للتناوب.

وبعد اختيار نظام معين لتناوب المجموعات الوشائعية ضمن الدور ، يتم تكراره عددا من المرات يعادل نتيجة قسمة كمية المجموعات الوشائعية فى الملف على العدد d ، اى من اجل الملف ثنائى الطبقات $(3\cdot 2p/d)$

مرة . فمثلا فى حالتنا هذه يكون التناوب الكامل للمجموعات الوشائعية على دائرة العضو الساكن على الشكل التالى : (2 — 3 — 2 — 3 — 2) (2 — 3 — 2 — 3 — 2) (2 — 3 — 2 — 3 — 2) (2 — 3 — 2 — 3 — 2) (2 — 3 — 2 — 3 — 2) (2 — 3 — 2 — 3 — 2) .



الشكل ٥٥ – الملفات الموجية الثنائية الطبقات :

أ – المزودة بانتقالات مقصرة ($z = 24$ ، $2p = 4$ ، $a = 1$)، ب – المزودة بانتقالات مطولة ($z = 24$ ، $2p = 4$ ، $a = 1$) جـ – المزودة بانتقالات مطولة و مقصرة ($z = 36$ ، $2p = 4$ ، $a = 1$)

الملفات الموجية الثنائية الطبقات ، تستخدم غالبا فى الاعضاء الدوارة للمحركات المتزامنة الضخمة المزودة بحلقات تماس ، لأنها تسمح بامكانية تثبيت الاقسام الجبهية بشكل مضمون وبسيط نسبيا . وتستخدم هذه الملفات ايضا فى الاعضاء الساكنة للمكنات الضخمة الثلاثية الاطوار والعاملة بالفلطية المنخفضة . وتمتاز الملفات الموجية عن الملفات العقدية بانعدام الوصلات بين الوشائع تقريبا ، وهذا يؤدى الى الانقاص الشديد لاستهلاك النحاس فى حال كون عدد الاقطاب كبيرا .

وقد سمى هذا الملف بالملف **الموجى** ، لاننا نضطر عند مراجعته حسب المخطط مع التحرك بجهة واحدة مثلا نحو اليمين ، للقيام بحركة متعرجة (موجية) . وتكون الملفات من هذا النوع عادة ذات قلوب ، وهى تصنع من الاسياخ النحاسية العارية ذات المقطع المستطيل الشكل، المحنية بشكل معين ، والتى تلف بمواد عازلة .

يبين الشكل ٥٥ ، أ مخطط الملف الموجى للعضو الدوار الذى يتمتع بالمعطيات التالية : $z=24$ ، $2p=4$. ويكون عدد المجارى المنسوب للقطب والطور $q=z/(2pm)=24/(4\cdot3)=2$. عادة ما يتم فى الملفات الموجية التمييز بين الخطوة الخلفية y_1 والامامية y_2 ، حيث تنفذ الخطوة الامامية من جهة المآخذ (حلقات التماس) ، والخطوة الخلفية من الجهة المعاكسة للقلب . وقد تم تنفيذ الملف قيد البحث بخطوة امامية وخلفية متساويتين، وتساوى كل منهما الخطوة القطرية: $y=\tau=z/(2p)=24/4=6$ ، $y=\tau=mq=3\cdot2=6$.

ومن الجدير بالذكر ، ان تقصير الخطوة فى الملف الموجى لا يقلل من استهلاك النحاس على الاقسام الجبهية ، لأن تقصير الخطوة من احد جهتى القلب يستدعى تطويلها من الجهة المعاكسة . ولذلك ، فان تقصير الخطوة لا يطبق عمليا فى الملفات الموجية .

وقد تم سحب المأخذ لبداية الطور الاول فى الملف الجارى بحثه على الشكل ٥٥ ، أ من القضيب العلوى للمجرى ١ . وبما ان خطوة الملف $y=6$ والملف ثنائى الطبقة ، فان القضيب العلوى الموجود فى المجرى

١ يتصل عند الجانب الخلفى للقلب مع القضيب السفلى الكائن فى المجرى ٧ . وبعد ذلك يتصل القضيب السفلى فى المجرى ٧ عند الجانب الامامى للقلب مع القضيب العلوى فى المجرى ١٣ . والوصلة التالية تكون بين القضيب العلوى فى المجرى ١٣ و بين القضيب السفلى فى المجرى ١٩ . فاذا تابعنا انشاء الملف مع الحفاظ الدقيق على الخطوة القطرية ($y=\tau=6$) ، فانه يجب توصيل القضيب السفلى فى المجرى ١٩ عند الجانب الامامى للقلب مع القضيب العلوى فى المجرى ١ (١٩ + ٦ − ٢٤ = ١) . وعندئذ يحدث انغلاق دائرة الملف على ١/٤ جزء من النواقل الموجودة فى الطور المعطى . ولكى نتجنب حدوث ذلك عند التقارب نحو المجرى الذى بدأ منه الملف ، اى عند انتهاء دورة واحدة للملف حول القلب ، يجب تقصير او تطويل خطوة الملف بمقدار مجرى واحد . وبالتالى يدعى الملف بالملف الحاوى على انتقالات مقصرة او مطولة .

وقد تم تنفيذ الملف الجارى بحثه بالانتقالات المقصرة، ولذلك يوصل هنا القضيب السفلى فى المجرى ١٩ مع القضيب العلوى فى المجرى ٢٤ . وفيما بعد تجرى الدورة الثانية للملف حول القلب بجوار الدورة الاولى ، حيث يوصل القضيب العلوى فى المجرى ٢٤ مع القضيب السفلى فى المجرى ٦ الذى يوصل بعدئذ مع القضيب العلوى فى المجرى ١٢ ، وهذا بدوره يوصل مع القضيب السفلى فى المجرى ١٨ .

وبعد القيام بدورتين حول القلب (فى الحالة العامة عدد q من الدورات) نكون قد وصلنا ضمن الملف فقط نصف النواقل الموجودة فى الطور المعطى . وتشكل الوصلات المنفذة «تموجات» كما لو انها عبارة عن انصاف لفات الملف . ولكى تتشكل اللفات الكاملة وتدخل جميع النواقل ضمن الملف ، يتم تنفيذ وصلة انتقالية تسمح بالدوران حول القلب فى الاتجاه المعاكس .

ولهذا الغرض يوصل القضيب السفلى للمجرى ١٨ فى ملفنا هذا مع القضيب السفلى للمجرى ٢٤ بمساعدة وصلة انتقالية I — IV ، توجد على الجانب الامامى للقلب .

وفيما يلى يقوم عامل اللف بانجاز q دورة (فى حالتنا $q=2$) فى

الاتجاه المعاكس وبنفس الخطوة $y=6$ مع الانتقالات المقصرة عند انتهاء كل دورة حول القلب . وعلى هذا المنوال يوصل القضيب السفلى للمجرى ٢٤ عند الجانب الخلفى للقلب مع القضيب العلوى للمجرى ١٨ (وذلك لأن ٢٤ $-y=$ ٢٤ ــ ٦ = ١٨) ، الذى يوصل بدوره مع القضيب السفلى للمجرى ١٢ ، وهو بدوره يتصل مع القضيب العلوى للمجرى ٦ ، وهكذا تنتهى دورة واحدة حول القلب بالاتجاه المعاكس . والآن نقوم بانتقال مقصر عن طريق توصيل القضيب العلوى للمجرى ٦ مع القضيب السفلى للمجرى ١ . وفيما بعد تنفذ الدورة الثانية حول القلب مع مراعاة الخطوة القطرية $y=\tau=6$. ولهذا الغرض يوصل القضيب السفلى للمجرى ١ مع القضيب العلوى للمجرى ١٩، وهذا بدوره يوصل مع القضيب السفلى للمجرى ١٣ ،الذى يوصل مع القضيب العلوى للمجرى ٧ . ويتم سحب المأخذ لنهاية الطور الأول ، من النهاية الثانية ــ من الجهة الامامية للقلب ــ للقضيب العلوى فى المجرى ٧ .

واذا درسنا المخطط المبين على الشكل ٥٥ ، أ حيث يظهر توزيع القضبان لطور واحد فى الملف الموجى ، فانه ليست من الصعب ملاحظة أن الطور كأنه يتألف من اربع $(2p=4)$ مجموعات وشائعية ، كل مجموعة منها تضم وشيعتين $(q=2)$.

ويبين الشكل ٥٥ ، ب مخطط الملف الموجى الثنائى الطبقة الذى يتمتع بالمعطيات التالية : $z=24$ ، $2p=4$ ، ولكنه خلافا للملف السابق يضم انتقالات مطولة ، و يحتوى على فرعين متوازيين $(a=2)$. وتستخدم الملفات ذات الانتقالات المطولة بشكل أندر من استخدام الملفات ذات الانتقالات المقصرة ، وذلك لانها تتطلب استهلاك كمية اكبر من نحاس اللف . غير أن الانتقالات المطولة تسمح عند اصلاح الملف باعادة الاستفادة من نفس النحاس ، مع تنفيذ ملف ذى انتقالات مقصرة . ولذلك ، فان بعض المصانع تنتج محركات لا متزامنة مزودة بمثل هذه الملفات على الاعضاء الدوارة .

ومن السهل تحديد فيما اذا كان الملف منفذا بانتقالات مطولة او مقصرة ، وذلك من شكل مخططه . فمثلا ، اذا كانت الانتقالات مقصرة ، فان كل دورة لاحقة للملف تزاح نحو اليسار عن الدورة السابقة ، وتقع بداية المجموعة الوشائعية الى يمينها (انظر الشكل ٥٥ ، أ) . اما اذا كانت الانتقالات مطولة ، فان الدورات تزاح نحو اليمين ، وتقع بداية المجموعة الوشائعية الى يسارها (انظر الشكل ٥٥ ، ب) .

ويتم اللجوء الى تنفيذ الفروع المتوازية فى ملفات الاعضاء الدوارة ، بشكل رئيسى فى تلك الحالات التى نحصل فيها على فلطية كبيرة جدا بين حلقات التماس ، عندما $a=1$. ومن الجدير بالذكر أن اقصى كمية ممكنة للفروع المتوازية فى الملفات الموجية الثنائية الطبقات ذات العدد الصحيح q ، تكون مساوية لعدد الأقطاب $(a_{\max}=2p)$

ويبين الشكل ٥٥ ، ج مخطط ملف العضو الدوار بالمعطيات التالية : $z=36$ ، $2p=4$ ، $q=3$. ويمتاز هذا المخطط بان الدورات الاولى للمف حول القلب وعددها q (فى حالتنا ثلاث دورات ، لأن $q=3$) تنفذ باستخدام انتقالات مطولة ، ومن ثم تنفذ الانتقالات المقصرة بعد الفاصلة المستعرضة (للطور الاول ، الفاصلة I — IV) ، اى عند الاتجاه المعاكس للدوران حول القلب . ويسمى مثل هذا الملف الحاوى على انتقالات مطولة ومقصرة ، وميزته هى انعدام تقاطع الفواصل المستعرضة مع مآخذ الاطوار ، وهذا أكثر ملاءمة عند تنفيذ الملف .

وكما ذكر اعلاه ، فان الملفات الموجية تستخدم غالبا فى الاعضاء الطورية الدوارة للمحركات اللامتزامنة ، حيث لا يهمنا فقط التماثل (التناظر) الكهربائى للاطوار فحسب ، بل ويهمنا ايضا التطابق الادق قدر الامكان لمركز ثقل العضو الدوار مع محور عموده ، وذلك كى نتجنب ظهور الكتل الكبيرة غير المتوازنة . ولذلك ، فعند تنفيذ ملفات الاعضاء الدوارة يتم السعى للتوزيع المنتظم لمآخذها وفواصلها المستعرضة على دائرة القلب . وعلى وجه الخصوص ، يتم السعى لتوزيع مآخذ بدايات اطوار بزاوية ١٢٠° ، كما هو مبين على المخططات فى الاشكال ٥٥ ، أ ، ب ، ج ، وتتوزع

بانتظام عندئذ على دائرة القلب ايضا مآخذ نهايات الاطوار والفواصل المستعرضة الموجودة فى اطوار الملف .

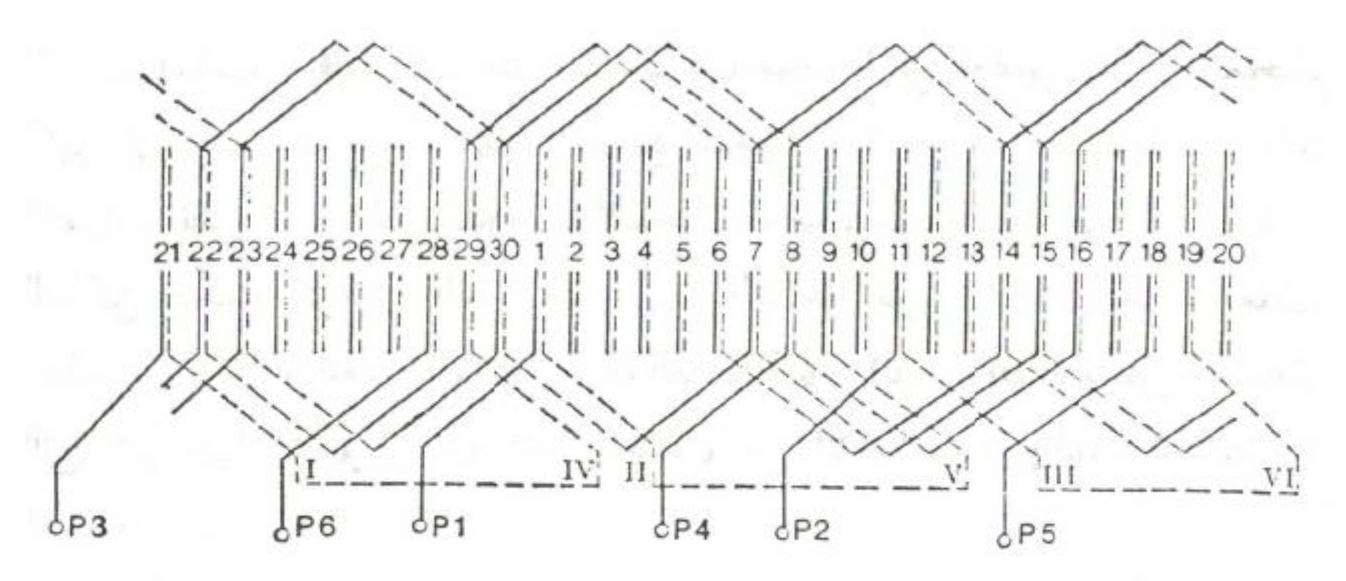
وبما ان الملفات المدروسة رباعية الاقطاب $(2p=4)$ ، لذا فان ١٢٠° هنا تقابل $p=120$ اى ٢ × ١٢٠ = ٢٤٠ درجة كهربائية . ولكى لا يحدث خلل فى التناظر (التماثل) الكهربائى للملف ، فان بدايات اطواره يمكن ان تزاح بمقدار ١٢٠ و ٢٤٠ درجة كهربائية ، وكذلك بمقدار ١٢٠ و ٢٤٠ درجة كهربائية مضافا الى اى عدد صحيح مهما كان من المرات بمقدار ٣٦٠ درجة كهربائية . وهكذا ، فان جميع الملفات التى درسناها لا تتمتع فقط بالتوزيع المتناظر لمآخذ الاطوار والفواصل المستعرضة على دائرة القلب ، بل وبالتوزيع المتناظر للاطوار فى المجال المغناطيسى للمكنة .

غير أنه لا يمكن أحيانا مراعاة التماثل الهندسى والكهربائى فى آن واحد . وهكذا ، فاذا كان عدد ازواج الاقطاب يساوى ثلاثة او مضاعفاتها ، فانه لا يمكن توزيع مآخذ الاطوار ، والفواصل المستعرضة على دائرة القلب بانتظام ، وذلك لان المناطق الطورية المزاحة بمقدار ١٢٠ بالنسبة لبعضها البعض تنتمى الى نفس الطور . وفى مثل هذه الحالات يرسم مخطط الملف مع مراعاة التماثل الكهربائى ، وتزاح مآخذ الاطوار بحيث تتوزع على دائرة القلب بشكل منتظم قدر الامكان .

لا تنفذ الملفات الموجية الثنائية الطبقات بالعدد الصحيح لـ q فقط بل و بالعدد الكسرى لـ q، وغالبا ما يكون الجزء الكسرى له مساويا للنصف . ويتم اللجوء الى استخدام الملفات الموجية ذات العدد الكسرى q عند اعادة لف المحركات ذات الاعضاء الطورية الدوارة ، مع تغيير عدد الاقطاب . ويبين الشكل ٥٦ مخطط الملف ذى المعطيات التالية : $z=30$ ، $2p=4$ ، وهنا يكون العدد q :

$$q=z/(2\,pm)=30/(4\cdot 3)=2^1/_2$$

وقد ذكرنا اعلاه اننا لا نلجأ عادة فى الملفات الموجية الى تقصير الخطوة ، ونختارها مساوية للتقسيم القطبى τ . وبما أن $\tau=z/(2\,p)=mq$ ، فان



الشكل ٥٦ – ملف موجى مزود بانتقالات مقصرة وله عدد كسرى ($z = 30$ ، $2p = 4$ ، $q = 2^1/_2$ ، $y_1 = 7$ ، $y_2 = 8$ ، $y_{2\,min} = 7$)

$\tau = 3q$ فى الملف الثلاثى الاطوار ، وبما ان $q = 2^1/_2$ فى ملفنا هذا ، فان التقسيم القطبى $\tau = 3 \cdot 2^1/_2 = 7^1/_2$. غير انه ، يمكن التعبير عن الخطوة بعدد صحيح فقط ، ولهذا ففى الملفات الموجية ذات العدد الكسرى q نضطر لأخذ خطوتين مختلفتين : الخطوة الخلفية y_1 والخطوة الامامية y_2 .

وهكذا ، ففى الملف قيد البحث تكون الخطوة الخلفية $y_1 = 7$ اى تقصر بمقدار ١/٢ مجرى ، اما الخطوة الامامية $y_2 = 8$ ، اى تطول بنفس المقدار بالمقارنة مع الخطوة القطرية . ويكون متوسط الخطوة مساويا للخطوة القطرية : $(y_1 + y_2)/2 = (7 + 8)/2 = 7^1/_2 = \tau$.

الملفات العديدة السرعات ، تستخدم فى الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية اللاامتزامنة ، والمخصصة للحصول على عدة سرعات (عدد دورات جذع المحرك) . ومن المعروف ان عدد دورات n_c المجال المغناطيسى الذى يولده الملف الثلاثى الاطوار عند تغذيته بتيار ثلاثى الاطوار ، يتم التعبير عنه بالصيغة التالية : $n_c = 60 f/p$ حيث f — تواتر التيار الذى يغذى الملف ؛ p — عدد ازواج اقطاب الملف .

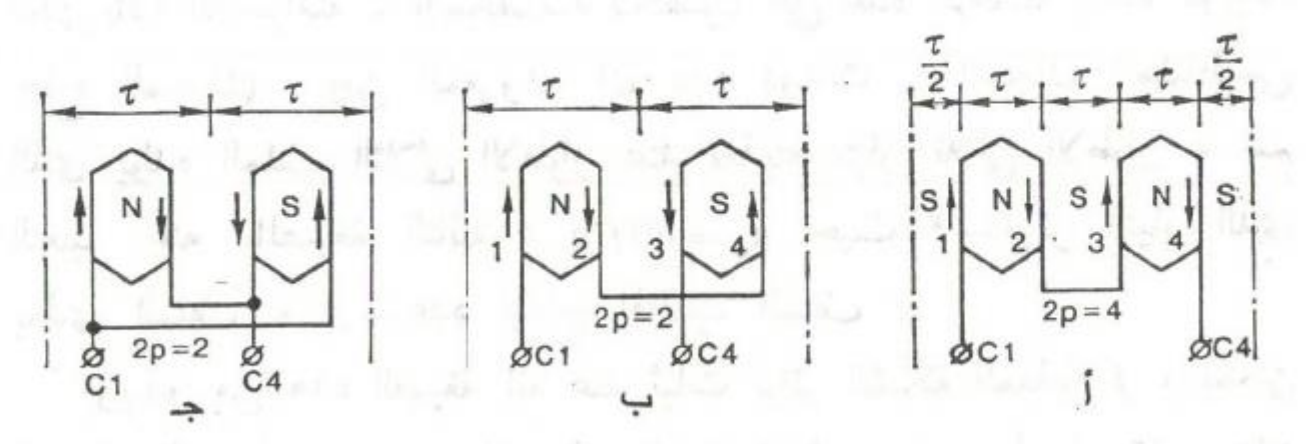
ويبدو من هذه الصيغة انه عند ثبات تواتر الشبكة المغذية f ، يمكن التوصل الى تغيير عدد دورات المجال المغناطيسى عن طريق تغير عدد

اقطاب الملف . فاذا كان مثل هذا الملف موضوعا فى العضو الساكن لمحرك كهربائى غير متزامن ، يدور عضوه الدوار كما هو معروف بنفس عدد الدورات تقريبا ، الذى يدور به المجال المغناطيسى المتولد من قبل العضو الساكن (يكون التزحلق عادة ٢ — ٦٪) ، فانه عند تغير عدد الأقطاب لملف العضو الساكن ، تتغير بالمقابل سرعة العضو الدوار ايضا . ولهذا تسمى الملفات التى يتم فيها التحويل الى عدد مختلف من الاقطاب ، بالملفات العديدة السرعات .

هناك عدة انواع من الملفات العديدة السرعات وطرق متنوعة لتحويلها ، تعطى امكانية التغيير بنسب مختلفة لعدد الاقطاب للمجال المغناطيسى الذى يولده الملف ، غير أن تلك الملفات التى يتغير فيها عدد الاقطاب الى الضعف عند التحويل فقد حظيت باوسع استخدام .

يبين الشكل ٥٧ المخططات التى توضح مبدأ مثل هذا التحويل . ويبين هنا بالنسبة لطور واحد من اطوار الملف ، كيفية تحويله من رباعى الاقطاب الى ملف ثنائى الاقطاب . وكما يبدو من الشكل ، يتولد المجال المغناطيسى الرباعى الاقطاب (الشكل ٥٧ ، أ) عند وصل الوشائع بالتوافق وعلى التسلسل ، ويتولد المجال المغناطيسى الثنائى الاقطاب عند وصل الوشائع بالتقابل وعلى التسلسل (الشكل ٥٧ ، ب) او عند الوصل على التوازى (الشكل ٥٧ ، جـ) .

وتستخدم هذه الطريقة على الاغلب فى الملفات العديدة السرعات ، وتنحصر فى انه تنقسم اطوار الملفات الى جزءين يتغير فيهما اتجاه التيار عند التحويل .



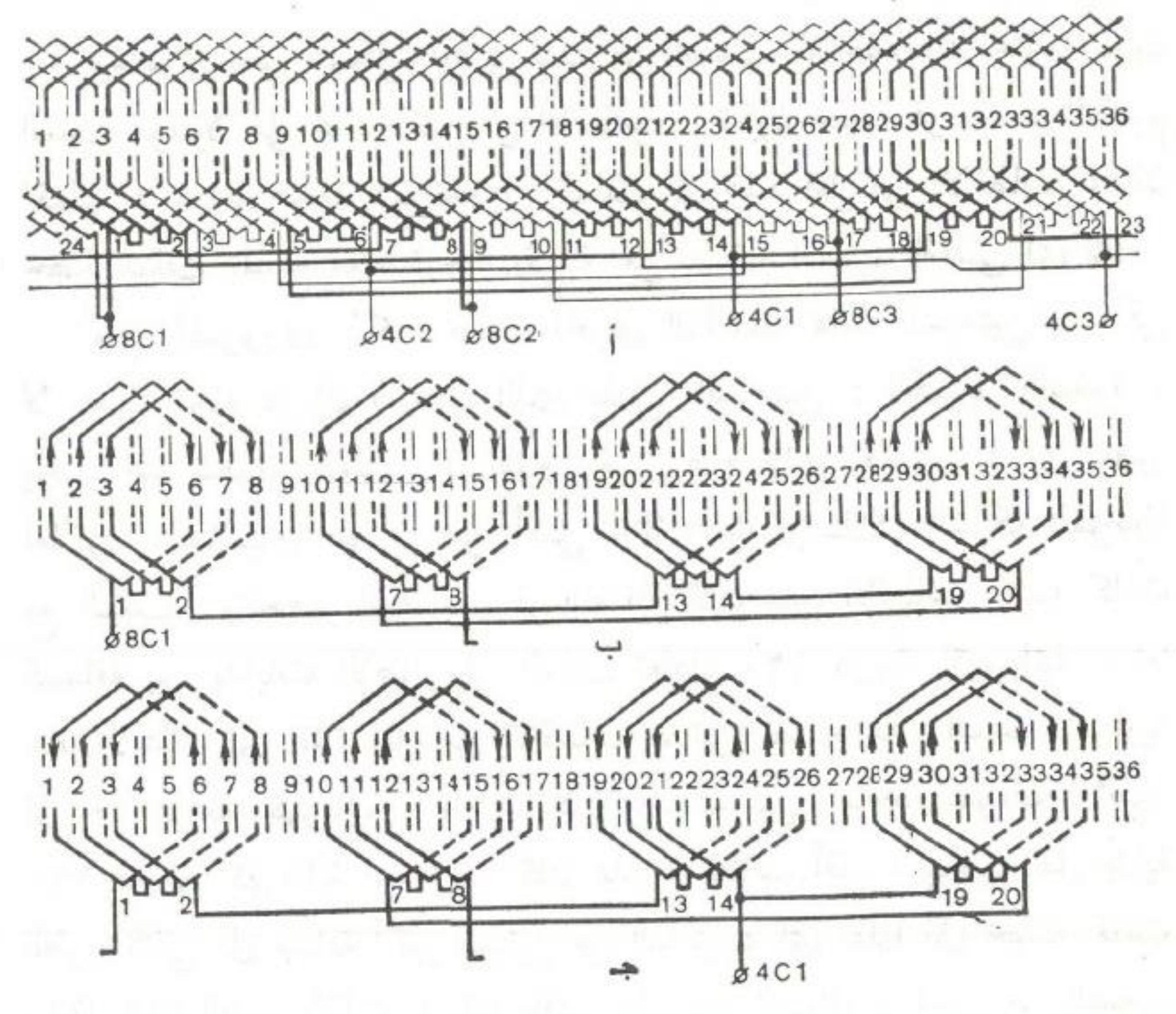
الشكل ٥٧ — مخططات مبدئية لوصل الملف على عدد مختلف من الاقطاب

وعند تمحص الشكل ٥٧ ، ليس من الصعب ملاحظة انه عندما يكون الملف موصولا على عدد اكبر من الاقطاب ، تكون خطوته قريبة من التقسيم القطبى τ ، اما عندما يتم تحويل الملف الى عدد اقل من الاقطاب ، فان خطوة الملف تصبح مقصرة جدا وقريبة من نصف التقسيم القطبى اى $\tau/2$.

ومن الضرورى ذكر خاصة اخرى للملفات ذات السرعتين : لكى لا يتغير اتجاه دوران المحرك الذى يعمل بالسرعتين : الكبيرة والصغيرة ، يجب عند تحويل الملف ان نقوم بتغيير نظام تتابع الاطوار ، اى تغيير اماكن («تصانب») طورين من أصل ثلاثة اطوار (اسلاك) الشبكة الموصولة مع الملف . وتنحصر القضية ، فى انه اذا كان عدد الاقطاب كبيرا كانت المسافة بين بدايات الاطوار فى الملف تعادل ١٢٠ درجة كهربائية ، اما عند الانتقال الى عدد اقل من الاقطاب بمرتين تصبح هذه المسافة مساوية الى ٦٠ درجة كهربائية . ولكى تكون المسافة بين المآخذ الموافقة للاطوار ١٢٠ درجة كهربائية ايضا اذا كان عدد الاقطاب أقل ، يجب نقل بداية الطور الثانى الى مسافة أكبر بمرتين من السابق ، اى نقلها الى حيث كانت سابقا بداية الطور الثالث : واذا ناقشنا على هذا المنوال ، ليس من الصعب التأكد من أن بداية الطور الثالث بعد تحويل الملف تأتى الى المنطقة الطورية التى كانت تنتمى سابقا للطور الثانى .

ومن الجدير بالذكر ان الملفات العديدة السرعات تستخدم عادة فى الاعضاء الساكنة للمحركات اللامتزامنة الحاوية على اعضاء دوارة مقصرة (قفص السنجاب) ، لانه ليست ثمة ضرورة هنا لتحويل ملف العضو الدوار ، والا لأصبحت المكنة معقدة للغاية .

ويبين الشكل ٥٨ مخطط الملف العقدى الثنائى الطبقات ثنائى السرعات ، الذى يمكن تحويله من ثمانية الى اربعة اقطاب $(2p = 8/4)$. ويتغير عندئذ مخطط توصيل أطوار الملف من النجمة الى المثلث المزدوج (Δ/YY) ، ويتوزع الملف في ٣٦ مجرى $(z = 36)$ ، وخطوة الملف $y = 5\,(1 - 6)$. وعند وصل الملف على ثمانية اقطاب تكون خطوته مطوّلة ، وذلك لأن $\tau_8 = z/(2p) = 36/8 = 4^1/_2$ (اى $y > \tau_8$) . أما عندما يكون الملف موصولا



الشكل ٥٨ – مخطط منشور لملف ثنائى الطبقات مزدوج السرعة ($z = 36$ ، $2p = 8/4$ ، $a = 1$ ، وصل الاطوار Δ/YY) :

أ – مخطط منشور عام ، ب – وصل الملف على $2p = 8$ (يبين طور واحد) ، جـ – وصل الملف على $2p = 4$ (يبين طور واحد)

على اربعة اقطاب ، يصبح التقسيم القطبى مساويا لتسعة ($\tau_4 = 36/4 = 9$)، وفى هذه الحالة تكون خطوة الملف أكبر بقليل من نصف التقسيم القطبى ، اى مقصرة جدا .

ويبين الشكل ٥٨ ، أ المخطط العام المنشور للملف ، اما الشكل ٥٨ ، ب ، جـ فيبين مخططات التوصيلات واتجاهات التيارات فى الطور عند تشغيل الملف بالتتابع ، على ثمانية واربعة اقطاب .

ويمكن تغيير عدد اقطاب المحرك ليس فقط بتركيب ملف واحد عديد السرعات على العضو الساكن ، ولكن ، كذلك بوضع ملفين مختلفين فى

مجارى العضو الساكن . وان ترافق هذه الطرق يعطى امكانية الحصول على محركات لها عدد كبير من درجات ضبط السرعة . وان المحركات الثنائية السرعة ، حيث تتغير السرعة بواسطة تغيير عدد الاقطاب بمرتين ;$2p = 4/2$; $8/4$; $12/6$) ، تحتوى عادة فى عضوها الساكن على ملف واحد ثنائى الطبقة قابل للتحويل . اما اذا كان عدد الاقطاب فى المحرك الثنائى السرعة ، لا يتغير بمرتين (مثلا $2p = 6/4$) ، فان المحرك عادة يحتوى على ملفين منفصلين موضوعين فى نفس المجارى . وفى هذه الحالة تنفذ الملفات عادة أحادية الطبقة بوشائع متمركزة ، مع الوصل المتسلسل للمجموعات الوشائعية ($a = 1$) ، اما الاطوار فتوصل على شكل نجمة ، كى نتجنب الكونتورات المغلقة عند وصل الملف الثانى مع الشبكة .

وتزود بملفين منفصلين ايضا ، المحركات العاملة بثلاث او اربع سرعات (عدد دورات) . فعندما يكون للمحرك ثلاث سرعات (عدد دورات) يتم تحويل احد الملفين بنسبة عدد الاقطاب ١ : ٢ ، اما العدد البينى للاقطاب فنحصل عليه على حساب الملف الثانى . وفى المحركات الرباعية السرعات يتم تحويل كل ملف من الملفين المنفصلين الى عددين مختلفين من الاقطاب ، مثلا تحويل احد الملفين من ١٢ الى ٦ أقطاب ($2p = 12/6$) ، اما الملف الآخر فيتحول من ٨ الى ٤ أقطاب ($2p = 8/4$) .

البند ٢٦ — مخططات الملفات أحادية الطور

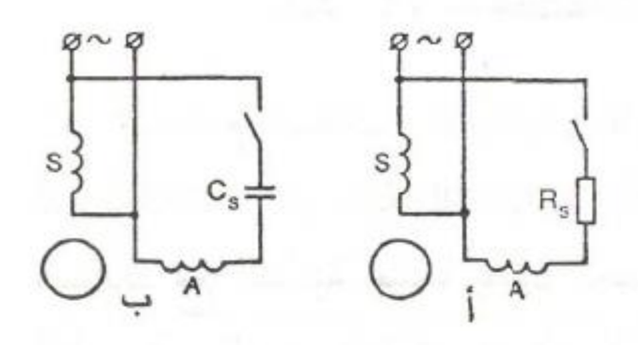
تستخدم الملفات الاحادية الطور بشكل رئيسى فى الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة الاحادية الطور . فاذا وصلنا مثل هذا المحرك مع الشبكة عندما يكون العضو الدوار ساكنا ، فان الملف الاحادى الطور فى العضو الساكن سوف لا يولد مجالا مغناطيسيا دوارا ، وانما يولد مجالا نبضيا لن يحرك العضو الدوار من مكانه . فلكى يبدأ العضو الدوار بالدوران يجب أن يزود المحرك بتجهيزة بدء التشغيل (الاقلاع) ، التى تخصص لتوليد عزم تدوير اولى (اقلاعى) لبدء التشغيل .

وقد حظيت بالاستخدام الواسع فى التطبيق العملى عدة انواع من المحركات اللامتزامنة الاحادية الطور ، المزودة بتجهيزات اقلاع متنوعة : المحركات المزودة بلفة مقصرة على القطب ، او المحركات المزودة بملف الاقلاع ، والمحركات المزودة بمكثفات .

لقد درسنا فى الباب الثانى المحركات الكهربائية اللامتزامنة الاحادية الطور ، المزودة بلفة مقصرة على القطب ، وتركيب ملفاتها .

المحركات الكهربائية اللامتزامنة الاحادية الطور ، المزودة بملف الاقلاع (بدء التشغيل) ، تحتوى على اعضاء ساكنة لها نفس التصميم كما فى المكنات الثلاثية الاطوار ، غير انه يوضع هنا فى مجارى القلب ملفان احاديا الطور مزاحان بالنسبة لبعضهما البعض بزاوية ٩٠ درجة كهربائية ، احدهما وهو الملف الرئيسى ، يسمى بالطور العامل او الاساسى ، وهو يشغل ثلثى مجارى العضو الساكن ، كما ان هذا الملف يبقى موصولا مع الشبكة خلال الزمن الكلى لعمل المحرك . اما الملف الآخر فهو الملف المساعد ويدعى ايضا بطور الاقلاع ، ويوصل مع الشبكة فقط خلال زمن الاقلاع ، وينفصل عنها بعد تعجيل العضو الدوار . ويشغل ملف الاقلاع ثلث مجارى العضو الساكن .

ولتوليد المجال المغناطيسى الدوار عند اقلاع المحرك يجب تأمين انزياح معين بين متجهى التيارين المارين فى ملف الاقلاع والملف العامل، ويمكن



الشكل ٥٩ – مخططات وصل المحركات اللامتزامنة الاحادية الطور ، والمزودة بملف اقلاع :
أ – مع مقاومة اقلاع ، ب – مع مكثف اقلاع

التوصل الى ذلك عن طريق وصل مقاومة فعالة R_s (الشكل ٥٩ ، أ) . غير ان الانزياح الحاصل بهذه الطريقة بين متجهى التيارين المارين فى الملفين سيكون اقل من ربع الدور ، ولذلك لا يكون المجال المغناطيسى الدوار

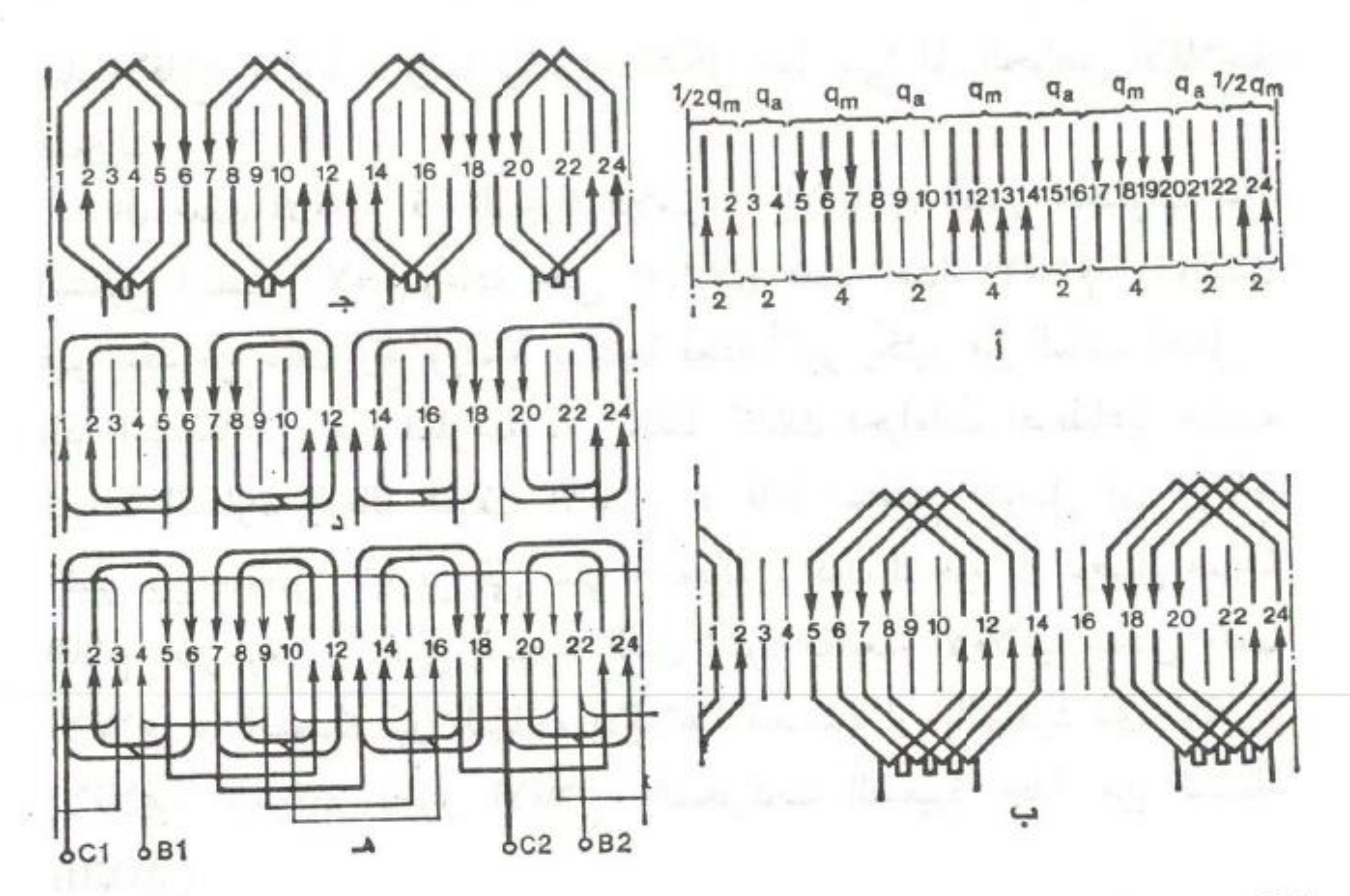
عند الاقلاع دائريا ، وانما بيضوى الشكل مما يسئ الى الخواص الاقلاعية للمحرك .

ان ملف الاقلاع فى المحرك اللامتزامن والاحادى الطور محسوب على التشغيل القصير الامد (عادة حتى ٣ ثوان) فقط لفترة الاقلاع ، ولذلك فهو ينفذ من سلك ارفع ويتمتع بمقاومة فعالة أكبر بكثير من الملف العامل . واذا استفدنا من هذا الظرف ، واتخذنا كذلك اجراءات اصطناعية خاصة لزيادة المقاومة الفعالة لملف الاقلاع ، فاننا نستطيع التوصل الى انزياح كبير بين متجهى التيارين فى ملفى المحرك ، دون اللجوء الى توصيل مقاومة اقلاع خارجية . ويسمى المحرك الذى تكون مقاومته الاقلاعية ضمن ملف الاقلاع ، بالمحرك ذى المقاومة الاقلاعية الضمنية او بالمحرك ذى المقاومة الاقلاعية المرتفعة لطور الاقلاع (المحركات الصغيرة جدا من السلسلة АОЛБ) .

اما اذا وصلنا مكثفة على التسلسل مع ملف الاقلاع فى المحرك (السعة الاقلاعية C_s) كما هو مبين على الشكل ٥٩ ، ب فان الانزياح بين متجهى التيارين فى كلا الملفين فى العضو الساكن ، سوف يكون قريبا من ربع الدور ، اما المجال المغناطيسى الدوار فيصبح عمليا دائرى الشكل . وتعطى مثل هذه المحركات (المحركات الصغيرة جدا من السلسلة АОЛГ) عزم اقلاع كبير ، ويمكن استخدامها فى الظروف الصعبة لاقلاع الآلية المراد تحريكها .

ولنحلل كيفية انشاء المخططات لملفات الاعضاء الساكنة فى المحركات اللامتزامنة والاحادية الطور ، الحاوية على ملفات اقلاع ، وذلك على مثال المكنة الرباعية الاقطاب $2p = 4$ ، حيث يحتوى العضو الساكن على ٢٤ مجرى $(z = 24)$.

يشغل الطور الرئيسى عادة ثلثى المجارى اى $\frac{٢٤\times٢}{٣}$ = ١٦ مجرى، ويشغل الطور المساعد (الاقلاعى) ثلث المجارى أى $\frac{٢٤\times١}{٣}$ = ٨ مجار. وسيكون عدد المجارى بالنسبة للقطب من اجل الطور الرئيسى $q_c = z_c/(2p) = 16/4 = 4$ ،



الشكل ٦٠ – انشاء مخططات الملفات الاحادية الطبقة فى المحركات الاحادية الطور المزودة بملف اقلاع :

أ – تسلسل تناوب المجارى للطورين الرئيسى والمساعد ، واتجاه التيار المار فى الجوانب الفعالة لوشائع الطور الرئيسى ، ب – المجموعات الوشائعية للملف الشابلونى البسيط ، جـ – المجموعات الوشائعية للملف الشابلونى «بالتهادى» ، د – المجموعات الوشائعية للملف المتمركز «بالتهادى» ، هـ – مخطط الطورين الرئيسى والمساعد للملف المتمركز «بالتهادى»

ومن اجل الطور المساعد $q_b = z_b/(2p) = 8/4 = 2$ ، اى $q_b = q_c/$. ولنرسم على المخطط (شكل ٦٠ ، أ) ٢٤ خطا شاقوليا (رأسيا) بعدد المجارى ولنرقمها ، ثم نقسم المجارى حسب المناطق الطورية ، مع ضرورة تذكر ان المنطقة الطورية للطور الرئيسى تضم $(q_c = 4)$ اربعة مجار ، اما المنطقة الطورية للطور المساعد فتضم $(q_b = 2)$ مجريين . ومن ثم نضع اتجاه التيارات فى مجارى الطور الرئيسى (نميزها بخطوط سميكة) ، مسترشدين بالقاعدة التى تنص على ان اتجاها التيارين تحت القطبين المتجاورين يجب ان يكونا متعاكسين .

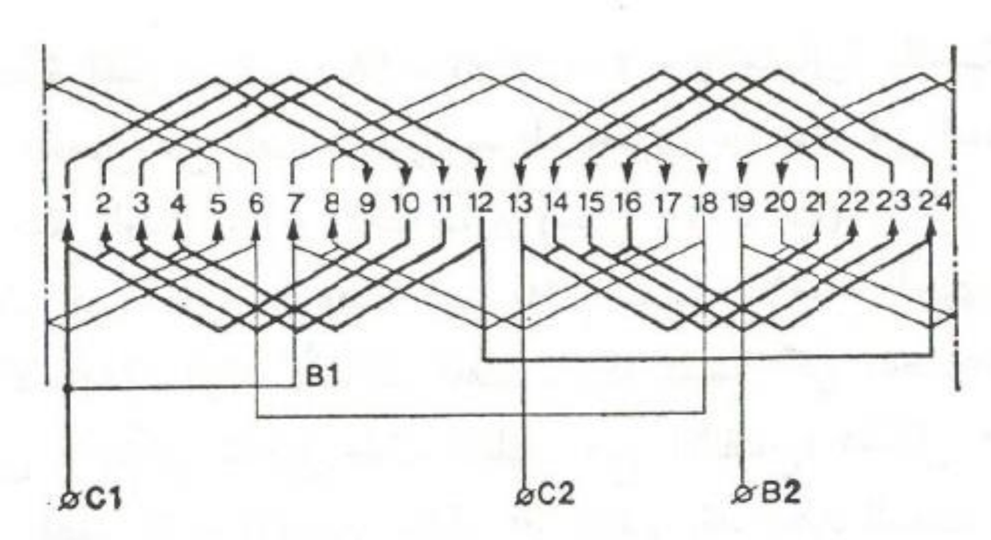
ويمكن ، طبقا للاتجاهات المتخذة للتيارات ، توصيل الجوانب الفعالة للوشائع باشكال مختلفة ، وتشكيل ملفات متنوعة الانماط ، فمثلا ، عندما

تكون الخطوة القطرية $y = \tau = z/(2p) = 24/4 = 6$ متساوية بالنسبة لجميع الوشائع ، نحصل على ملف شابلونى بسيط يحتوى على عدد من المجموعات الوشائعية مساو لعدد ازواج الاقطاب p (شكل ٦٠ ، ب) . غير ان مثل هذا الملف فى الحالة المعطاة غير ملائم بسبب الاقسام الجبهية الكبيرة للوشائع والاستهلاك الزائد لأسلاك اللف . واذا قسمنا كل مجموعة وشائعية الى نصفين ، يمكن تشكيل ملف شابلونى «مع الانفتاح» (شكل ٦٠ ، ج) له خطوة اقصر $y = 4(1 - 5)$ وطول اقل للفة . وقد يكون الملف المتمركز «مع الانفتاح» (شكل ٦٠ ، د) أكثر ملاءمة فى الحالة الجارية دراستها ، بسبب صغر حجم الاقسام الجبهية (بدون تصالبات) .

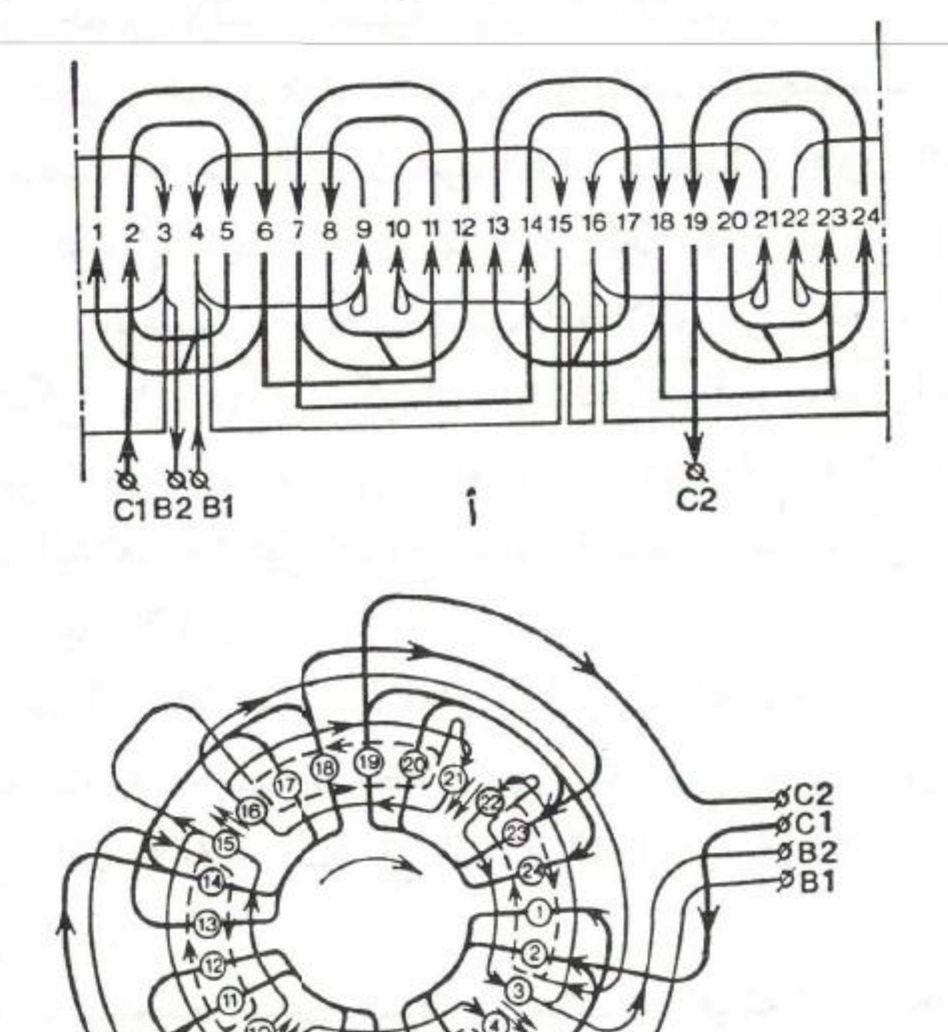
وبعد تشكيل المجموعات الوشائعية وانصاف المجموعات ، توصل مع بعضها بحيث أنه عند الدوران حول الملف من بداية الطور (التى يمكن اخراجها من بداية اية مجموعة) الى نهايته ، يكون اتجاه التيارات فى الوشائع كما هو مبين بالاسهم ، وبحيث تكون الوصلات بين المجموعات اقصر ما يمكن (شكل ٦٠ ، د) . ويمكن ان يكون الملف منفذا بتوصيل المجموعات الوشائعية على التسلسل ، او على هيئة فروع متوازية . ويتم هنا توصيل المجموعات الوشائعية وتشكيل الفروع المتوازية بنفس القواعد التى استخدمت للملفات الثلاثية الاطوار .

ويتم رسم المخطط لملف الاقلاع (الطور المساعد) حسب نفس القواعد التى استخدمت عند رسم المخطط للطور الاساسى ، ويمكن ان تكون الخطوة فى ملف الاقلاع كما فى الملف العامل او غير ذلك ، أى كما فى الشكل ٦١ .

وغالبا ما يستخدم الملف المزدوج السلك ، حيث تلف بعض اللفات فى الوشيعة بالتقابل ، وذلك فى المحركات ذات المقاومة الاقلاعية الضمنية ، كوسيلة اصطناعية ترفع المقاومة الفعالة للطور الاقلاعى . وتعمل هذه اللفات على تعادل التأثير التمغنطى لنفس هذا العدد من اللفات الملفوفة فى الاتجاه الرئيسى ، غير ان المقاومة الفعالة لملف الاقلاع تزداد بشدة . وتتألف وشائع طور الاقلاع عندئذ من قسمين : القطاع الاساسى الحاوى على عدد



الشكل ٦١ – مخطط ملف العضو الساكن فى المحرك الاحادى الطور ، المزود بملف اقلاع ، وله خطوات مختلفة فى الطورين الاساسى والمساعد ($z = 24$ ، $2p = 2$)

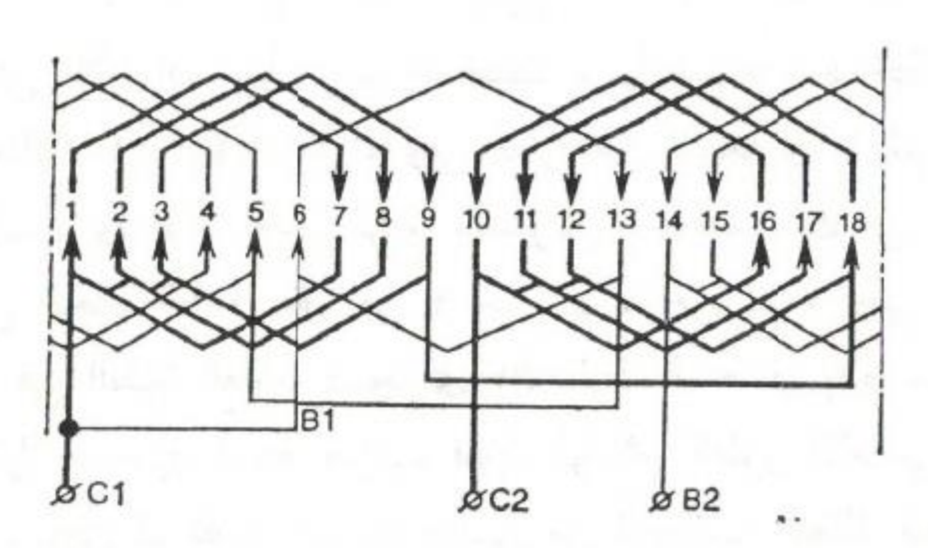


الشكل ٦٢ – مخططات ملف العضو الساكن فى المحرك الاحادى الطور ، المزود بملف اقلاع فيه وشيعة مؤلفة من قطاعات مزدوجة السلك ($z = 24$ ، $2p = 4$) :
أ – مخطط منشور ، ب – مخطط جانبى

كبير من اللفات الملفوفة فى الاتجاه الاساسى ، والتى تحدد قطبية المجال المغناطيسى المتولد ، والقطاع المزدوج السلك الحاوى على العدد الأقل من اللفات .

ويبين الشكل ٦٢ ، أ ملفا له نفس المخطط الذى رسمناه سابقا (انظر الشكل ٦٠ ، هـ) ، ولكن طور الاقلاع فيه مزود بقطاعات مزدوجة السلك (تبين الوشائع الحاوية على قطاعات مزدوجة السلك بالتمثيل الشرطى المعتمد عادة) . ويبين الشكل ٦٢ ، ب المخطط الجانبى لنفس الملف . وغالبا ما تستخدم المخططات الجانبية عند تنفيذ الملفات للمحركات اللاامتزامنة الاحادية الطور .

ويتم اختيار الخطوة عادة فى الملفات الاحادية الطبقة والاحادية الطور ، والملفوفة «بالتهادى» ، بحيث تحيط المجموعة الوشائعية النصفية للملف العامل بعدد q_B من الجوانب الفعالة لوشائع ملف الاقلاع ، وبحيث تحيط المجموعة الوشائعية النصفية لملف الاقلاع بعدد q_c من الجوانب الفعالة لوشائع الملف العامل . فاذا كان العددان q_B و q_c زوجيين ، فان الملفين يقعان بشكل متناظر (متماثل) ، اما اذا كان عدد المجارى المنسوب للقطب الواحد فرديا ، فان الملف يكون غير متناظر . فمثلا ، يبين الشكل ٦٣ مخطط الملف المسبق التشكيل (الشابلونى) الاحادى الطبقة للعضو



الشكل ٦٣ – مخطط ملف العضو الساكن فى المحرك الاحادى الطور ، المزود بطور الاقلاع الحاوى على نصف مجموعات لها عدد مختلف من الوشائع ($z = 18$، $2p = 2$، $q_B = 3$، $q_C = 6$)

الساكن عندما يكون لدينا : $z = 18$ ؛ $2p = 2$ ؛ $q_c = 6$ ؛ $q_B = 3$.
وهنا تتألف إحدى المجموعات الوشائعية النصفية فى ملف الاقلاع من وشيعتين ، اما المجموعة الاخرى فتتألف من وشيعة واحدة . وتختلف الخطوة أيضا فى هاتين المجموعتين الوشائعيتين النصفيتين : $y_{1B} = 7;\ y_{2B} = 8$.

وعند رسم مخططات هذه الملفات نسعى للحصول على تقصير خطوة الوشائع تقريبا حتى ثلثى τ ، لانه يتناقص عندئذ تأثير التوافقية الثالثة . غير انه فى الملفات الاحادية الطبقة ، قلما نستطيع تنفيذ ذلك ، ولذلك غالبا ما نلجأ الى الملفات الثنائية الطبقات ، بالرغم من ان هذا يجعل من الصعب وضع الوشائع فى المجارى .

لنتابع كيفية رسم المخطط للملفات الثنائية الطبقات للاعضاء الساكنة فى المحركات الاحادية الطور الحاوية على ملف اقلاع ، على المثال التالى : $z = 24$ ، $2p = 4$ (شكل ٦٤ ، أ) . نجد اولا عدد المجارى بالنسبة للقطب الواحد للملف الرئيسى (العامل) وللملف المساعد (الاقلاع) :

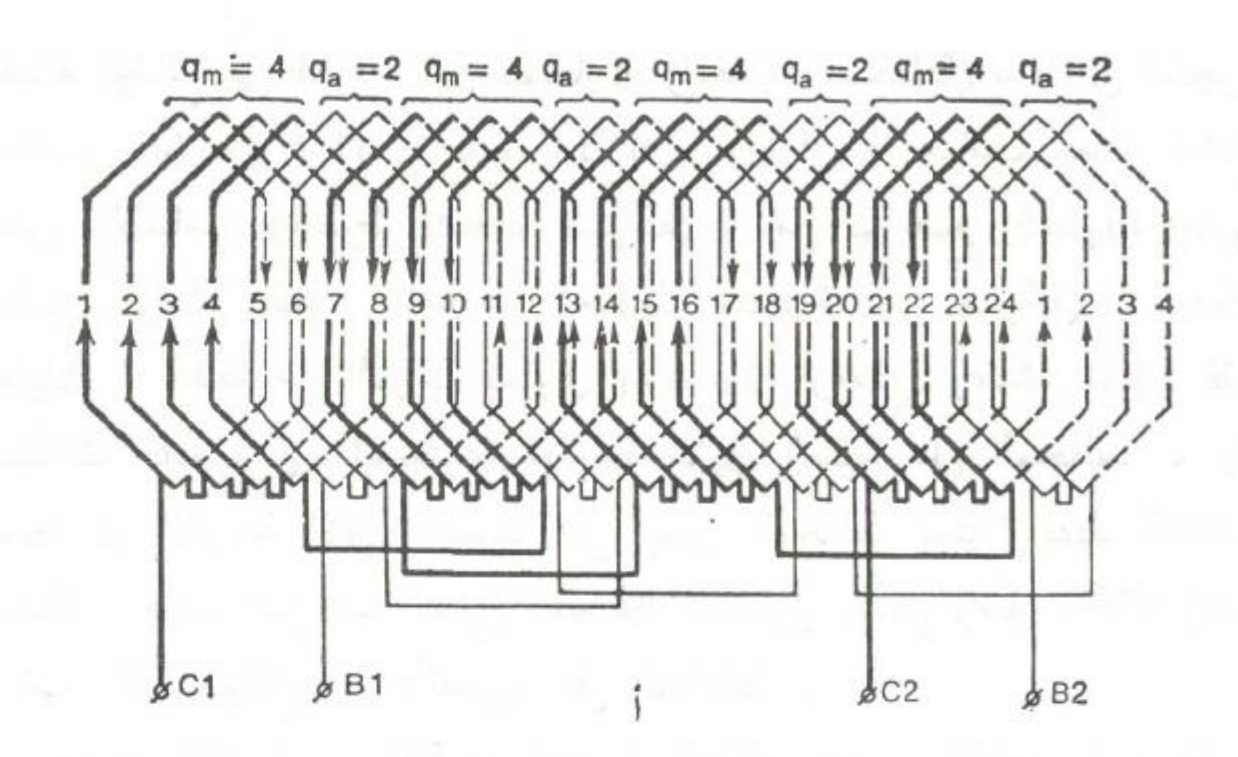
$$q_c = \frac{2/3\,z}{2\,p} = \frac{2/3 \cdot 24}{4} = 4; \quad q_B = \frac{1/3\,z}{2\,p} = \frac{1/3 \cdot 24}{2\,p} = 2$$

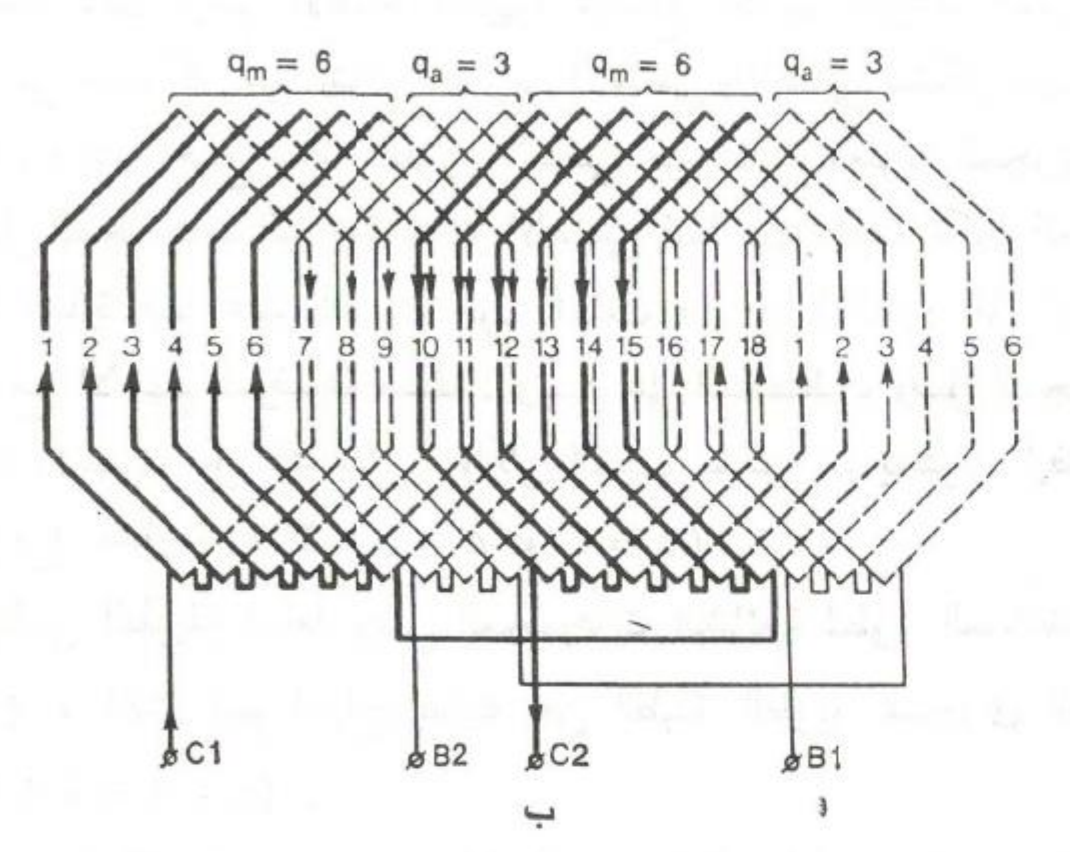
وفيما بعد نحدد خطوة الملف ، علما بانها هنا واحدة لوشائع الطورين العامل والمساعد :

$$y = y_c = y_B = 2/3\,\tau = \frac{2 \cdot z}{3 \cdot 2\,p} = \frac{2}{3} \cdot \frac{24}{4} = 4 \quad \text{(الخطوة ١ — ٥)}$$

ويمكن الآن ان نبدأ برسم المخطط ، ولنرسم $z + y$ خطا شاقوليا ، اى فى حالتنا ٢٤ + ٤ = ٢٨ ، وهى تعبر عن المجارى ، ثم لنرقمها : اولا من المجرى الاول حتى الرابع والعشرين ، وبعد ذلك من الاول حتى الرابع (وفى الحالة العامة نرقم من ١ حتى z ، ومن ثم ١ حتى y) .

نضع فى الطبقة العلوية للمجارى (الخطوط المتصلة) بدءا من المجرى الاول ، اولا $q_c = 4$ اربعة جوانب فعالة لوشائع الطور الاساسى (الخطوط السميكة) ، ومن ثم نضع $q_B = 2$ جانبين من الجوانب الفعالة لوشائع الطور المساعد (الخطوط غير السميكة) ، ونكرر ذلك عددا من المرات يساوى $2p = 4$ ، وعلى هذا المنوال نملأ الطبقات العلوية لجميع المجارى $z = 24$.





الشكل ٦٤ – مخططات الملفات الاحادية الطور والثنائية الطبقات، المزودة بملف اقلاع :
أ – عندما $z = 24$ ، $2p = 4$ ، $q_c = 6$ ، $q_B = 2$ ، $y = y_C = y_B = 4$ (1—5)؛ ب – عندما
$z = 18$ ، $2p = 2$ ، $q_C = 6$ ، $q_B = 3$ ، $y = y_C = y_B = 6(1—7)$

وبعد ذلك نضع اتجاهات التيارات المارة فى الطبقات العلوية للوشائع ، مسترشدين بالقاعدة المعروفة ، وهى ان اتجاهات التيارات فى التقسيمين القطبيين المتجاورين يجب ان تكون متعاكسة . ومن ثم نضع الجوانب

الفعالة للوشائع فى الطبقة الاولى للمجارى (الخطوط المتقطعة) بدءا من المجرى الخامس $(1+y=5)$: نضع اولا $(q_c=4)$ اربعة جوانب فعالة لوشائع الطور الاساسى (خطوط متقطعة سميكة) ، ومن ثم نضع $(q_B=2)$ جانبين فعالين لوشائع الطور المساعد (خطوط متقطعة غير سميكة) ، وهكذا دواليك ، عددا من المرات يساوى $(2p=4)$ أربعة . وعندئذ تمتلئ فقط الطبقات العلوية فى المجارى الاربعة الاولى المبينة على المخطط ، وفى المجارى الاربعة الاولى المبينة على يمين المخطط تمتلئ فقط الطبقات السفلية . ويستخدم هذا التمثيل للمخطط المنشور بشكل واسع ، لانه واضح بسبب كون الوشائع لا «تُقص» على المخطط .

وبعد ذلك نرسم الاقسام الجبهية للوشائع حسب القواعد المعروفة ، ونوصل على حدة كل من وشائع الطورين الاساسى والاضافى لنشكل مجموعات وشائعية . ويتم اخراج بداية الطور الاساسى من الطبقة العلوية للمجرى ١ . ثم نوصل المجموعات الوشائعية للطور الاساسى فيما بينها بحيث تكون اتجاهات التيارات المارة فيها عند الدوران حول الملف من بداية الطور الى نهايته ، منطبقة مع الاسهم الموضوعة مسبقا . ويبين على المخطط ، وصل المجموعات الوشائعية $(a=1)$ على التسلسل ، ولكن الملف يمكن ان يحتوى ايضا على عدة فروع متوازية (مثلا ، $a=2$ أو $a=4$) .

وبنفس الطريقة تماما نوصل المجموعات الوشائعية للطور المساعد (طور الاقلاع) ، الذى يتم اخراج بدايته من الطبقة العلوية للمجرى الخامس $(q_c+1=4+1=5)$.

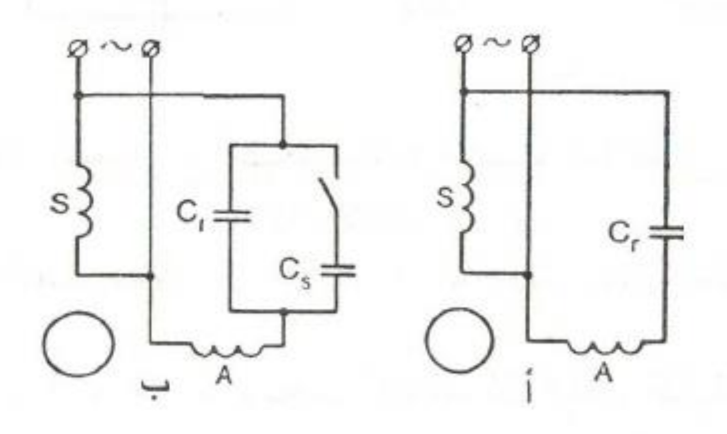
ويبين الشكل ٦٤ ، ب مخطط الملف الثنائى الطبقات للعضو الساكن فى محرك أحادى الطور مزود بملف اقلاع ، حسب المعطيات التالية : $z=18$ ، $2p=2$ ، $q_c=6$ ، $q_B=3$ ، $y=y_c=y_B=6\,(1-7)$.

ان ملف الاقلاع (الطور المساعد) فى المحركات المدروسة الأحادية الطور ، يشغل ثلث مجارى العضو الساكن ، وينفصل عن الشبكة بعد انتهاء عملية الاقلاع ، ولا يشترك فى العمل اللاحق للمحرك . ولهذا فان

معدل استخدام المواد الفعالة – المغناطيسية والناقلة – منخفض فى مثل هذه المكنات .

المحركات ذات المكثف (مثلا من السلسلة АОЛД) ، حيث يبقى الملفان الاحاديا الطور موصولين مع الشبكة خلال كل فترة عمل المكنة ، وهما يركبان على العضو الساكن بحيث يشغل كل منهما $\frac{1}{2}$ مجاريه ، وبهذا يتم التوصل الى الاستخدام الافضل للمواد الفعالة . ويبين الشكل ٦٥ ، أ مخطط توصيل المحرك الاحادى الطور المزود بمكثف سعته العاملة C_p ، يضمن عند الحمولة المقدرة انحرافا بين متجهى التيارين المارين فى ملفى العضو الساكن ، قريبا من ربع الدور .

وعندئذ يكون المجال المغناطيسى الدوار الذى يولده الملفان دائرى الشكل عمليا ، ولذا فان المحرك يتمتع بمواصفات جيدة للطاقة : معامل كفاية (مردود) مرتفع نسبيا (٦٠ – ٧٥٪) وقيمة مرتفعة لـ $\cos\varphi$ من ٠,٨ – ٠,٩٥ ، غير أن عزم الاقلاع هنا ليس كبيرا . ولتحسين خواص الاقلاع للمحرك ، يوصل مكثف اقلاع C_{st} سعته ضعف سعة المكثف العامل C_w ، ويوصل معه على التوازى لحظة الاقلاع (شكل ٦٥ ، ب) . وبعد انتهاء تعجيل العضو الدوار ينفصل مكثف الاقلاع C_{st} ، ويبقى فقط المكثف العامل C_w موصولا على التسلسل مع «الطور السعوى» .



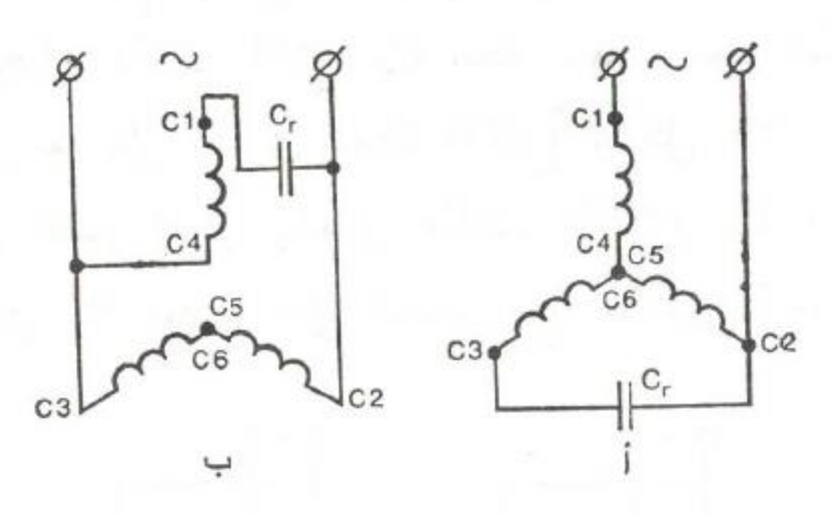
الشكل ٦٥ – مخططات توصيل المحركات الاحادية الطور ذات المكثف :
أ – ذات المكثف العامل C_w ؛ ب – ذات المكثف العامل C_w ومكثف الاقلاع C_{st}

ان المحركات الجديدة المزودة بالمكثف ، من السلسلة ABE (قدرتها تتراوح من ١٠ الى ٤٠٠ واط ، وعدد دوراتها ١٥٠٠ و ٣٠٠٠ دورة/دقيقة ، وفلطيتها ٢٢٠ فولط) ، والتى تتمتع بخواص اقلاع جيدة وكذلك بمدلولات جيدة للوزن والطاقة ، سوف تحل مستقبلا محل المحركات من السلسلة АОЛБ .

ويتم فصل ملفات الاقلاع فى المحركات الكهربائية اللامتزامنة والاحادية الطور ، او فصل مكثفات الاقلاع فى المحركات المزودة بالمكثفات ، بواسطة مفاتيح فصل تعمل بازرار او بالقوة النابذة ، او بواسطة مرّحل التيار او المرّحل الحرارى .

ولعكس اتجاه الدوران فى المحركات يكفى تغيير مكان المآخذ لأحد الملفين بعضهما ببعض .

وتنتج الصناعة ايضا محركات كهربائية صغيرة جدا لامتزامنة شاملة الاغراض تتغذى من الشبكة الثلاثية الاطوار او الاحادية الطور . وتوصل هذه المحركات مع الشبكة الاحادية الطور حسب احد المخططات المبينة



الشكل ٦٦ – مخططات التوصيل مع الشبكة لملفات الاعضاء الساكنة فى المحركات اللامتزامنة والثلاثية الاطوار :

أ – توصيل نجمى ومكثف موصول على التوازى ، ب – وصل متواز للملفين الرئيسى والمساعد

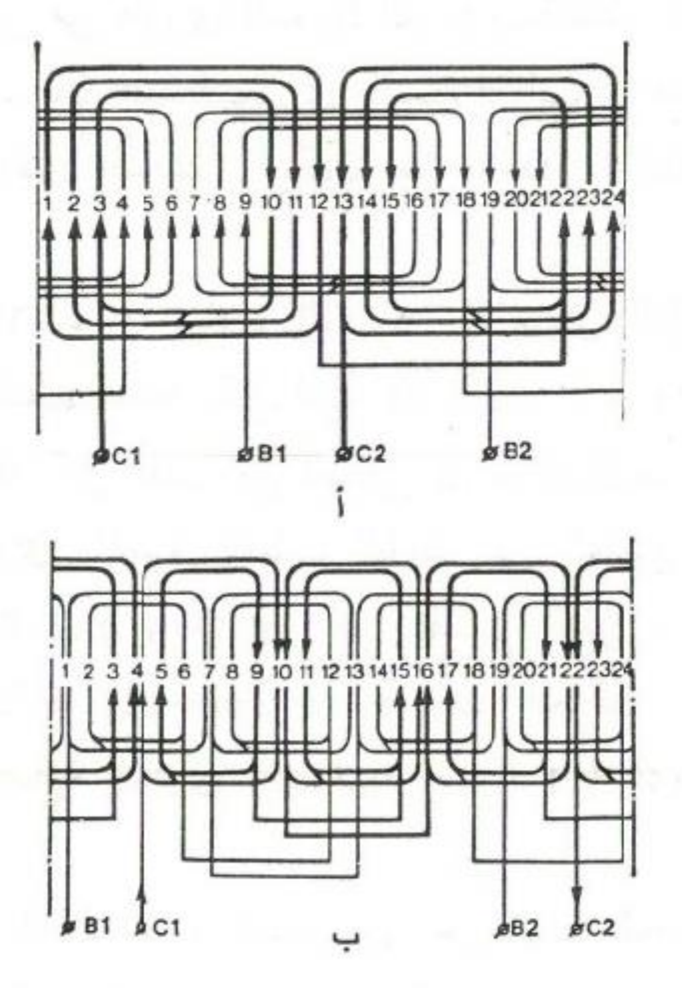
على الشكل ٦٦ ، أ ، ب ، ويجب عندئذ ان توافق فلطية الشبكة الاحادية الطور للفلطية المقدرة للمحرك فى حال وصله مع الشبكة الثلاثية الاطوار ، وتوصيل الملفات على شكل نجمة .

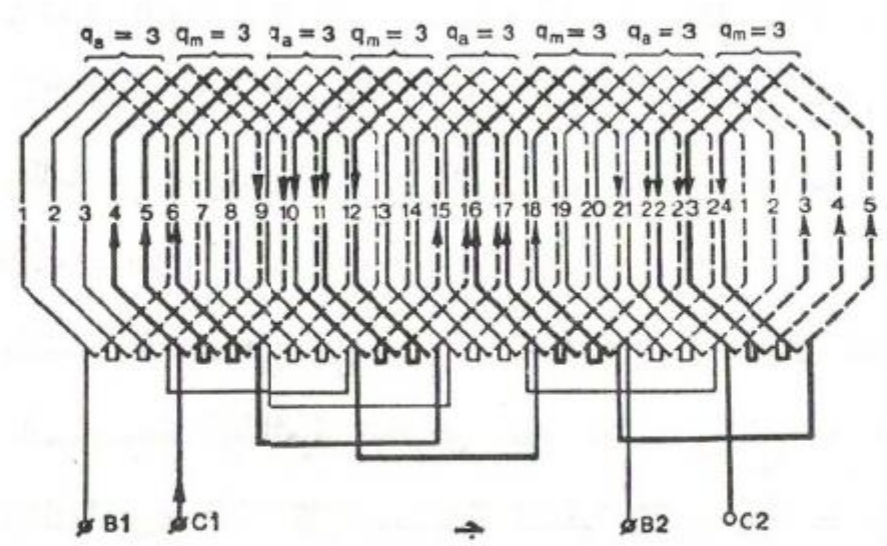
وان تسلسل عملية رسم المخططات لملفات الاعضاء الساكنة للمحركات المزودة بمكثفات ، هو بشكل رئيسى مماثل لماجرى بالنسبة للمحركات الاحادية الطور المزودة بملف اقلاع . غير انه ، يجدر بنا ان نأخذ بعين الاعتبار أن كل طور من طورى المحرك المزود بمكثفات يشغل عادة نصف المجارى . وبالتالى ، فان عدد المجارى بالنسبة للقطب الواحد فى الطورين : الاساسى والمساعد (ذى المكثف) يكون هنا واحدا ، وتتشابه عادة ايضا مخططات الملفين .

يبين الشكل ٦٧ ، أ الملف المتمركز الاحادى الطبقة «المتهادى» للمحرك المزود بالمكثف عندما يكون لدينا $z = 24$ ، $2p = 2$. وسيكون عدد المجارى الذى يشغله كل ملف من الملفين $z_c = z_B = z/2 = 24/2 = 12$. ويعادل عدد المجارى بالنسبة للقطب الواحد فى الملفين : $q_c = q_B = z/(2 \cdot 2p) = 24/(2 \cdot 2) = 6$ ويحتوى كل تقسيم قطبى τ على عدد من المجارى هو : $\tau = z/(2p) = 24/2 = 12$ وان الخطوة المتوسطة لكل مجموعة وشائعية نصفية تساوى $(11 + 9 + 7)/3 = 9$ اى تكون قريبة من $2\tau/3 = 8$.

وفى العديد من الحالات ، عندما يعبر عن العدد الحسابى للوشائع فى المجموعة الوشائعية النصفية للملف ، بعدد كسرى مثل $1^1/_2$ ، فان الملف يحتوى فى كلا الطورين على ما يسمى بالوشائع «الممشطة» الحاوية على العدد النصفى للفات . ويبين الشكل ٦٧ ، ب مخطط الملف لدى المحرك المزود بمكثفات ، طراز ДВА-У3 ، وفيه $z = 24$ و $2p = 4$. ويكون عدد المجارى هنا بالنسبة للقطب فى كل ملف : $q_c = q_B = z/(2 \cdot 2p) = 24/(2 \cdot 4) = 3$ وبالتالى فان المجموعة الوشائعية تحتوى على ثلاث وشائع ، اما اذا اردنا لف الملف «بالتهادى» فان كل مجموعة نصفية تضم $\frac{٣}{٢} = ١\frac{١}{٢}$ وشيعة . وكما يبدو من المخطط فان كل طور فى الملف يحتوى عندئذ على $2p = 4$ من الوشائع «الممشطة» ، بحيث أن الملف يتوضع فى طبقتين فى تلك المجارى التى تقع فيها تلك الوشائع .

وفى الآونة الاخيرة ، غالبا ما تنفذ المحركات المزودة بالمكثفات ، بملفات ثنائية الطبقات ، تسمح باختيار التقصير الملائم للخطوة . ويبين الشكل ٦٧ ، جـ مخطط مثل هذا الملف ، حيث لدينا $z = 24$ ،



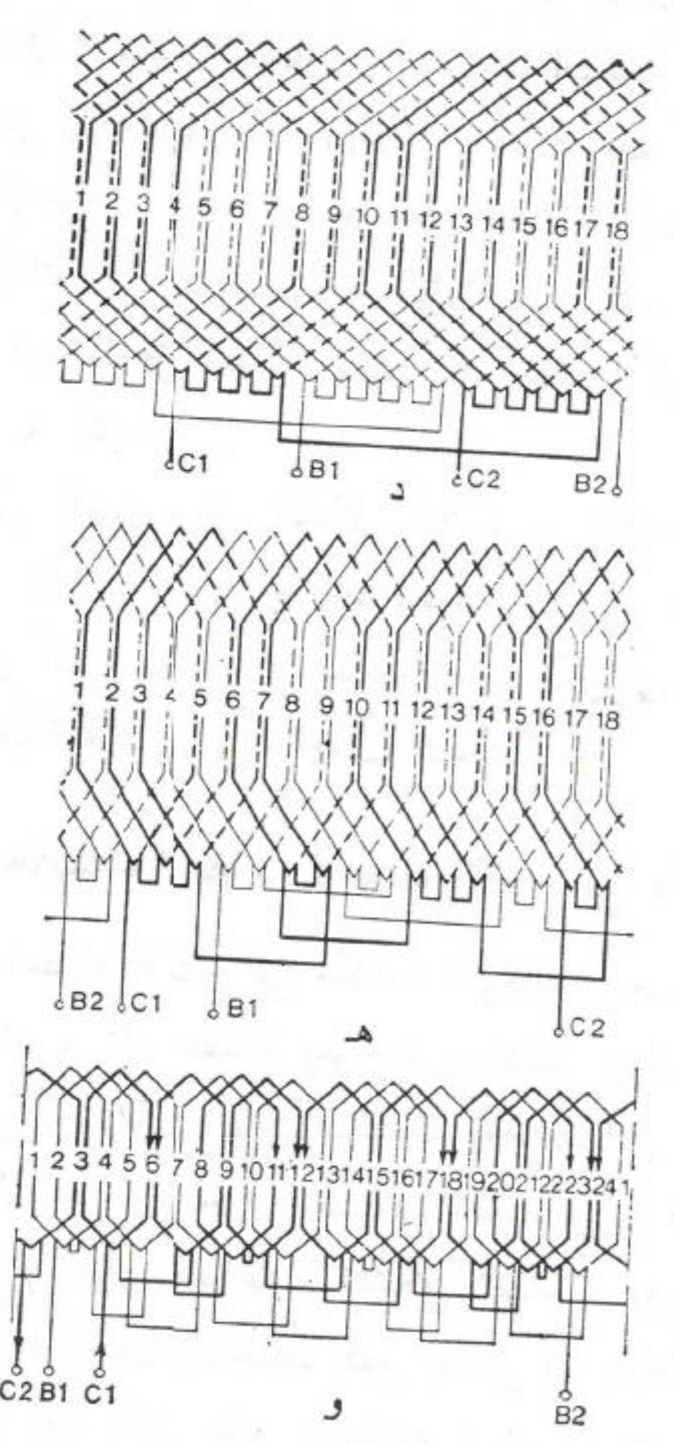


الشكل ٦٧ - مخطط الملفات للمحركات ذات المكثف :

أ - ملف احادى الطبقة متمركز «بالشهادى» ($z = 24$ ، $2p = 2$) ، ب - ملف متمركز مزود بوشائع «ممشطة» ($= 24$ ، $2p = 4$) ، واحادى الطبقة ، جـ - ملف ثنائى الطبقة ($z = 24$ ، $2p = 4$ ، $q_C = q_B = 3$ ، $y = 5$) ، د - ملف ثنائى الطبقات ، مزود بمجموعات وشائعية

$2p = 4$ ، $q_c = q_B = 3$ ، $y = 5$ ، وبالنسبة لكل تقسيم قطبى τ عدد من المجارى يساوى ٦ ، $(\tau = z/(2p) = 24/4 = 6)$ وهكذا فان معامل تقصير الخطوة هو $k_y = y/\tau = 5/6 = 0,83$.

ويبين الشكل ٦٧ ، د مخطا الملف الثنائى الطبقات فى المحرك المزود بالمكثفات من الطراز ABEO41-2 ، حيث لدينا $z = 18$ ، $2p = 2$ ،



يختلف فيها عدد الوشائع $(z = 18$ ، $2p = 2)$ ، هـ – ملف ثنائى الطبقات يختلف فيه عدد مجارى الطور الاساسى والطور الحاوى على مكثف $(z = 18$ ، $2p = 4)$ ، و – الملف المختلط $(z = 24$ ، $2p = 8$ ، $q_C = q_B = 1^1/_2$ ، $y_C = y_B = 3)$

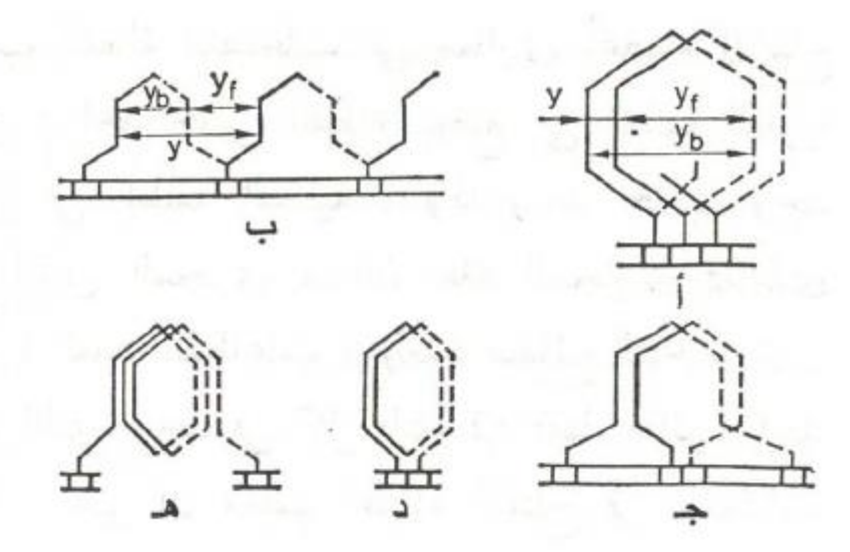
ويضم كل من الطورين : الاساسى والمساعد تسع وشائع ، ويعادل عدد المجارى بالنسبة للقطب $q_c = q_B = z/(2 \cdot 2p) = 18/4 = 4^1/_2$ ، ولذا فانه توجد مجموعة وشائعية واحدة مؤلفة من اربع وشائع ومجموعة اخرى مؤلفة من خمس وشائع فى كل طور من الطورين .

أما مخطط الملف الثنائى الطبقات المبين على الشكل ٦٧ ، هـ فى المحرك ABEO41-4 المزود بالمكثفات ، فانه يختلف بان لدينا هنا $z = 18$ و $2p = 4$ ، وعدد المجارى المنسوب للتقسيم القطبى يكون عبارة عن عدد كسرى $(\tau = z/(2p) = 18/4 = 4^1/_2)$ ، وقد تم اختيار خطوة مقصرة للملف $(y = 4 < \tau = 4^1/_2)$. ويشغل الملف الاساسى عشر مجار ، ويتناوب عدد الوشائع فى المجموعات الوشائعية : ٣ ـ ٢ ـ ٣ ـ ٢ . اما الملف المساعد فهو يشغل ثمانية مجار ، وتضم كل من المجموعات الوشائعية الاربعة ، وشيعتين .

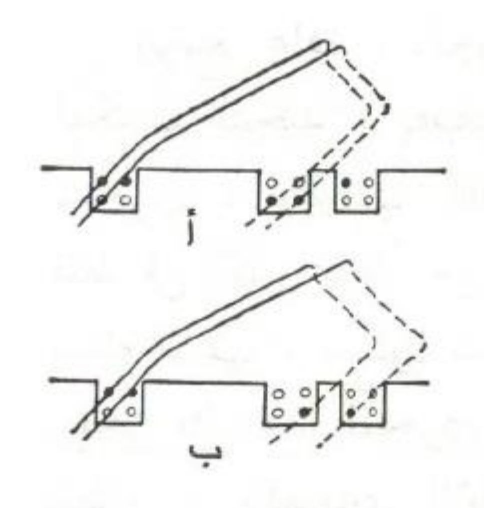
ويمتاز الملف المبين على الشكل ٦٧ ، و $(z = 24$ ، $2p = 8$ ، $q_c = q_B = 1^1/_2$ ، $y_c = y_B = 3)$ بعلائم الملف النسخى «المتهادى» والملف الثنائى الطبقات فى آن واحد وذلك بسبب العدد الكسرى للمجارى المنسوبة للقطب الواحد ، ولذا فانه يسمى بالملف المختلط .

البند ٢٧ ـ مخططات الملفات لأعضاء الانتاج فى مكنات التوحيد

تقسم ملفات اعضاء الانتاج فى مكنات التوحيد ، حسب نوع توصيلات الاسلاك والقطاعات ، الى عقدية وموجية ومختلطة («ضفدعية») . ويبين الشكل ٦٨ بشكل تخطيطى انواع الملفات وقطاعاتها . وان أصل تسمية الملفات العقدية والموجية واضح من الشكل المذكور : ففى الحالة الاولى عند الدوران المتتابع حول القطاعات تتشكل العقد ، وفى الحالة الثانية ، تتشكل الامواج . اما الملف المختلط فهو يحمل فى داخله عناصر الملفين العقدى والموجى ، وقد اطلق عليه «الضفدعى» بسبب بعض الشبه الظاهرى بين وشائع هذا الملف والضفدعة . وكما ورد اعلاه ، فان قطاعات الملفات يمكن ان تتألف من لفة واحدة او عدة لفات موصولة على التسلسل ، وان



الشكل ٦٨ — انواع ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد :
أ — ملف عقدى ، ب — ملف موجى ، جـ — ملف مختلط («ضفدعى») ، د — قطاع مؤلف من لفتين فى الملف العقدى ، هـ — قطاع ثلاثى اللفات فى الملف الموجى



الشكل ٦٩ — توزيع قطاعات وشيعة عضو الانتاج فى المجارى : أ — اذا كان الملف متساوى القطاعات ، ب — اذا كان الملف متدرجا

عدة قطاعات (عادة القطاعات الموجودة فى نفس المجارى) تتوحد لتشكل الوشائع . واذا كانت جميع القطاعات لكل وشيعة فى الملف ، تتمتع بعرض واحد وتقع فى نفس المجارى (شكل ٦٩ ، أ) ، فان الملف يدعى بالملف ذى الوشائع المتساوية او القطاعات المتساوية . وتضم الوشيعة احيانا قطاعات مختلفة العرض ، كما هو مبين على الشكل ٦٩ ، ب ، ويسمى مثل هذا الملف عندئذ بالملف المتدرج ويصنع عادة من انصاف الوشائع (وفى هذه الحالة يسمى الملف ايضا بالملف المقطوع) . وتستخدم الملفات المتدرجة بهدف تحسين ظروف الترابط (انقاص الشرر تحت الفراشى على الموحد) .

ان التوصيل فى ملفات اعضاء الانتاج للمكنات ذات الموحد ، يتم عن طريق وصل بداية ونهاية كل قطاع مع صفيحتين من صفائح الموحد ، بحيث توصل مع كل صفيحة توحيد نهاية قطاع ما وبداية القطاع التالى وراءه حسب مخطط القطاع . وهكذا ، فان عدد القطاعات هنا S يساوى عدد صفائح التوحيد K ، اى أن $S=K$.

وتوضع عادة ، الجوانب الفعالة للقطاعات فى مجارى أعضاء الانتاج لمكنات التوحيد ، بطبقتين : احد جانبى القطاع يوضع فى الطبقة العلوية للمجرى ، والجانب الثانى فى الطبقة السفلية . واذا وجد جانب واحد فقط فى كل طبقة من طبقتى المجرى ، فان عدد المجارى z الذى يشغله الملف ، سيكون مساويا لعدد القطاعات S ولعدد صفائح التوحيد K . ويدعى مثل هذا المجرى ، الذى يوجد فى كل طبقة فيه فقط جانب واحد للقطاع ، **بالمجارى الاولية** . غير ان معظم اعضاء الانتاج فى المكنات الحديثة ذات الموحد ، تحوى فى كل طبقة للمجرى الحقيقى على عدة جوانب قطاعية (عادة ٢ ــ ٣ ، واحيانا ٥ ــ ٧) ، اما كمية صفائح التوحيد فهى أكثر من كمية المجارى الحقيقية بالعدد الموافق من المرات (u_p) . وفى هذه الحالة ، تبدو المجارى الحقيقية كأنها تحتوى على عدة مجار اولية ، ويساوى عدد مثل هذه المجارى الاولية فى المجرى الحقيقى لعضو الانتاج ، لعدد الجوانب القطاعية الموجودة فى طبقة واحدة للمجرى الحقيقى .

ويرمز للعدد الاجمالى للمجارى الحقيقية التى يوضع فيها الملف بالحرف z ، اما العدد الكلى للمجارى الاولية فيرمز له بالحرف z_e . وتتحقق بالنسبة لملفات مكنات التوحيد ، العلاقة التالية : $S = K = z_e = u_p z$.

ونميز فى ملفات اعضاء الانتاج فى مكنات التوحيد (شكل ٦٨) ما يلى :

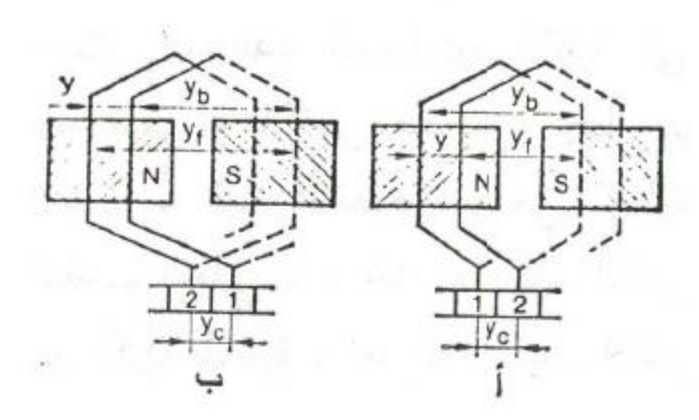
ــ الخطوة الجزئية الاولى y_1 ، التى تدل على عرض القطاع ، اى على المسافة الكائنة بين جانبين فعالين لنفس القطاع ، التى يعبر عنها عادة بعدد القطاعات التى تحصرها المجارى الاولية ؛ وتؤخذ الخطوة الجزئية الاولى عادة مساوية تقريبا للخطوة القطرية للملف ، اى $y_1 = \tau$ ؛

ــ الخطوة الجزئية الثانية y_2 ، التى تدل على المسافة الكائنة بين الجانب الفعال للقطاع المعطى والجانب الفعال الاول للقطاع التالى حسب المخطط ؛

ــ الخطوة الناتجة y ، وهى تدل على المسافة الكائنة بين الجانب الفعال الاول للقطاع المعطى والجانب الفعال الاول للقطاع التالى حسب المخطط ؛

ــ الخطوة على الموحد y_k ، وهى تدل على المسافة الكائنة بين بداية ونهاية القطاع الواحد ، ويعبر عنها بعدد صفائح التوحيد .

يتألف **الملف العقدى البسيط** لعضو الانتاج فى مكنات التوحيد، من قطاعات موصولة بمآخذها مع صفيحتى توحيد تقعان بجوار بعضهما البعض، بحيث يوصل طرف احد القطاعات (عبر صفيحة التوحيد) مع بداية



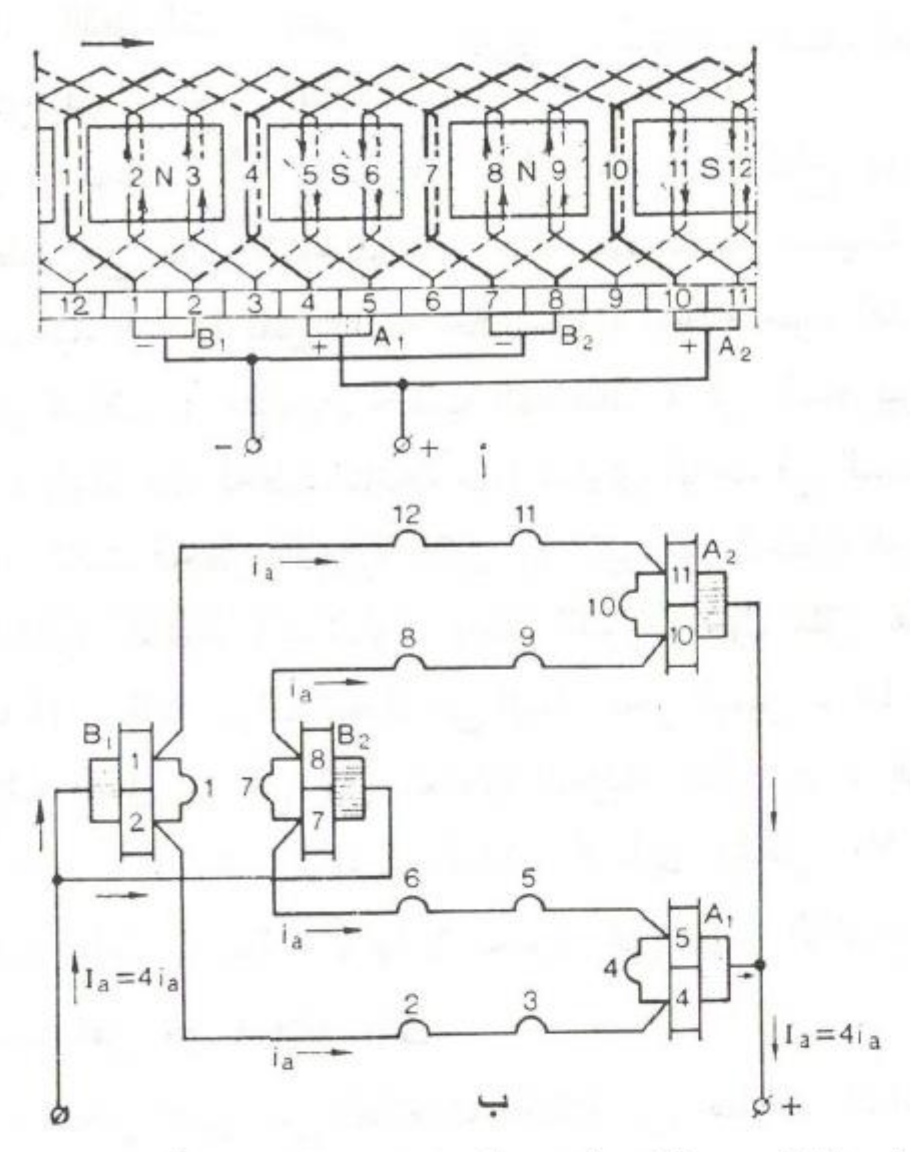
الشكل ٧٠ – قطاعات الملف العقدى البسيط

القطاع التالى . واذا بدأنا بالدوران حول عضو الانتاج دورة واحدة حسب المخطط من صفيحة توحيد ما ، فاننا نعود لنفس صفيحة التوحيد ، اى ان الملف قيد الدراسة تغلق دائرته خلال دورة واحدة حول القلب . وتقع بدايتا قطاعين للملف ، متتابعين حسب المخطط ، فى المجريين الاوليين المتجاورين ، ولهذا فان الخطوة الناتجة دوما تساوى الواحد فى الملف العقدى البسيط . واذا كانت الخطوة الجزئية الاولى y_1 اكبر من الخطوة الجزئية الثانية y_2 ، فان الخطوة الناتجة $y=+1$. وعند الدوران حول مثل هذا الملف (شكل ٧٠ ، أ) ، فاننا سوف نتحرك من اليسار نحو اليمين ، اما اذا كانت الخطوة الجزئية الاولى y_1 اقل من الخطوة الجزئية الثانية y_2 ، فان الخطوة الناتجة $y=-1$ ، ويدعى الملف بالملف اليسارى (شكل ٧٠ ، ب) . وتفضل عادة الملفات اليمينية ، لانها لا تحتوى على تقاطع الاقسام الجبهية ، وتستهلك كمية اقل من اسلاك اللف .

وهكذا ، يمكن التعبير عن العلاقات الكائنة بين خطوات الملف العقدى البسيط ، بالصيغ التالية : $y=y_1-y_2=\pm 1$ ؛ $y_2=y_1-y=y_1\pm 1$ وتساوى خطوة الملف على الموحد y_k للخطوة الناتجة ، اى $y_k=y=\pm 1$ (الاشارة + للملف اليمينى ، والاشارة – للملف اليسارى) .

ومن المرغوب فيه ان تكون الخطوة الجزئية الاولى للملف y_1 ، التى تميز عرض القطاع ، مساوية للتقسيم القطبى او قريبة منه ، وهى تتحدد بالصيغة التالية : $y_1=\frac{z_e}{2p}\pm\varepsilon$

حيث z_e — عدد المجارى الاولية فى الملف ؛ $2p$ — عدد الاقطاب ؛ ε — صفر ، اوكسر صحيح يجعل y_1 عددا صحيحا . فاذا كان الكسر $\varepsilon = 0$ ، فان الخطوة y_1 هى خطوة قطرية ، لانها تنطبق تماما مع التقسيم القطبى τ ، اما اذا كان الكسر ε يطرح من الخطوة ، فان الخطوة y_1 تكون مقصرة ، اما اذا أضيف الكسر ε الى الخطوة ، فانها تكون مطولة .



الشكل ٧١ — المخطط المنشور للملف العقدى البسيط لعضو الانتاج : (أ) عندما $z = 12$ ، $2p = 4$ ، والمخطط الكهربائى للفروع المتوازية (ب)

يبين الشكل ٧١ ، أ المخطط المنشور للملف العقدى البسيط لعضو الانتاج فى المكنة الرباعية الاقطاب $2p = 4$ ذات الموحد . ويتألف قلب عضو الانتاج من ١٢ مجرى ($z = 12$) ويتوضع طرفان فعالان للقطاعات على طبقتين فى كل مجرى ، اى ان كل مجرى حقيقى يوافق

المجرى الاولى $(z = z_e \; ; \; u_p = 1)$. والخطوة الجزئية الاولى $y_1 = 3$ هى عبارة عن الخطوة القطرية ، وذلك لانها توافق تماما التقسيم القطبى $\tau = z/(2p) = 12/4 = 3$.

والخطوة الجزئية الثانية $y_2 = 2$ ، اما الخطوة الناتجة $y = +1$ ، اى ان الملف يمينى ، وهذا واضح من المخطط .

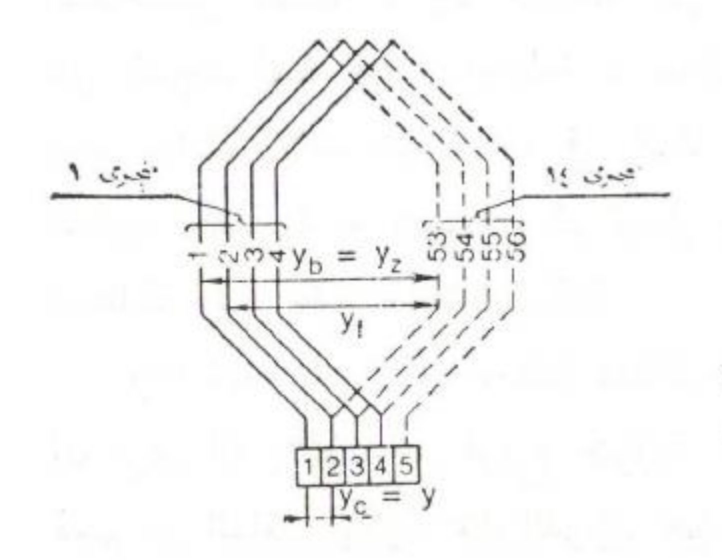
ان الاقطاب المبينة على المخطط ، كما لو انها عبارة عن انعكاس الاقطاب الحقيقية فى المرآة ، والواقعة فوق عضو الانتاج . وقد تم تحديد اتجاه القوة الدافعة الكهربائية فى الجوانب الفعالة للقطاعات ، المبين بواسطة الاسهم ، حسب القاعدة المعروفة وهى قاعدة اليد اليمنى مع الاخذ بعين الاعتبار اتجاه حركة الملف من اليسار نحو اليمين . ويؤخذ عرض تمثيل الاقطاب على المخططات عادة ، مساويا الى $0{,}8\,\tau$ وتوزع الفراشى على الموحد بحيث تكون القوة الدافعة الكهربائية الحاصلة من جميع القطاعات الموصولة بين الفراشى ذات القطبية المختلفة ، ذات قيمة كبرى . وسيحصل ذلك ، فيما اذا كانت الفراشى واقعة مقابل الاقطاب ، وتتلامس مع صفائح التوحيد التى توصل معها مآخذ القطاعات المارة عبر الخط المحايد للمجال المغناطيسى للمكنة . وان المسافة بين منتصفى اقرب فرشاتين متجاورتين على الموحد لهما قطبية مختلفة ، تعادل $K/(2p)$ من تدريجات الموحد ، وهذا يعادل ثلاث تدريجات فى الملف قيد البحث وتوصل الفراشى ذات القطبية المتشابهة مع بعضها ، ثم توصل بواسطة اسلاك الوصل هذه الى المآخذ المطابقة فى علبة مأخذ المكنة .

واذا تتبعنا بانتباه اى مخطط لملف عقدى بسيط ، فانه ليس من الصعب ان نرى انه يتألف من فروع متوازية ، بحيث يدخل فى كل فرع متواز قسم من الملف يكون عند الدوران حول القلب واقعا بين خطين متجاورين حياديين للمجال المغناطيسى . وفى الملف الرباعى الاقطاب قيد البحث توجد اربعة خطوط حيادية مماثلة ، لذا فان الملف يحتوى على اربعة فروع متوازية $2a = 4$. وفى الحالة العامة يحتوى الملف العقدى البسيط على عدد من الفروع مساو لعدد الاقطاب فى المكنة .

ويبين الشكل ٧١ ، ب المخطط الكهربائى الذى يبين فيه توزيع القطاعات الى فروع متوازية فى الملف الجارى بحثه من قبلنا . وقد تم اظهار القطاعات على المخطط على هيئة اقواس ونصف دوائر ، اعطى لكل منها رقم المجرى الذى يشغل القطاع المعطى الطبقة العلوية فيه . وهكذا ، كما هو واضح على المخطط ، توجد فى ملفنا أربعة فروع متوازية ، بحيث يوجد فى كل فرع قطاعان موصولان على التسلسل ، تتجمع قوتهما الدافعة الكهربائية . اما القطاعات الاربعة ، التى تمر جوانبها الفعالة فى هذه اللحظة عبر الخطوط الحيادية للمجال المغناطيسى ، فانها تغلف بالفراشى بشكل دائرات مقصرة .

وتتحدد قيمة ق . د . ك . (قوة دافعة كهربائية) فى كامل الملف لعضو الانتاج بقيمة ق . د . ك . لفرع مواز واحد ، اما تيار ملف عضو الانتاج فيتحدد بمجموع تيارات الفروع المتوازية .

نحصل على مخططات منشورة معقدة جدا وكبيرة الحجم لملفات اعضاء الانتاج فى المكنات المتعددة الاقطاب والحاوية على عدد كبير من المجارى . وغالبا ما نلجأ فى مثل هذه الحالات الى استخدام المخططات العملية حيث



الشكل ٧٢ – المخطط العملى للملف العقدى البسيط لعضو الانتاج عندما $z = 108$ ، $2p = 2a = 8$ ، $u_p = 4$

يرسم قسم من الملف يتم تكراره فيما بعد . ويبين الشكل ٧٢ المخطط العملى لملف عقدى بسيط يتمتع بالمعطيات التالية : $z = 108$ ، $2p = 2a = 8$ ، $u_p = 4$. وفى مثل هذا الملف تتوضع فى طبقة واحدة لكل مجرى ، الجوانب الفعالة لاربع قطاعات متجاورة حسب المخطط ، وذلك لان كل مجرى

حقيقي يحتوى على اربعة مجار اولية . وسيكون عدد القطاعات فى الملف وعدد صفائح التوحيد أكبر بـ ٤ مرات من عدد المجارى . ولتحديد خطوة الملف فى المجارى الحقيقية y_2 يمكن استخدام الصيغة $= z/(2p) \approx y_z$ $108/8 = 13,5$. وبما انه يمكن التعبير عن الخطوة بعدد صحيح فقط ، لذا نأخذها $y_z = 13$.

ولنحدد الخطوة الجزئية الاولى للملف فى المجارى الاولية كما يلى : $y_1 = y_z u_p = 13 \cdot 4 = 52$.

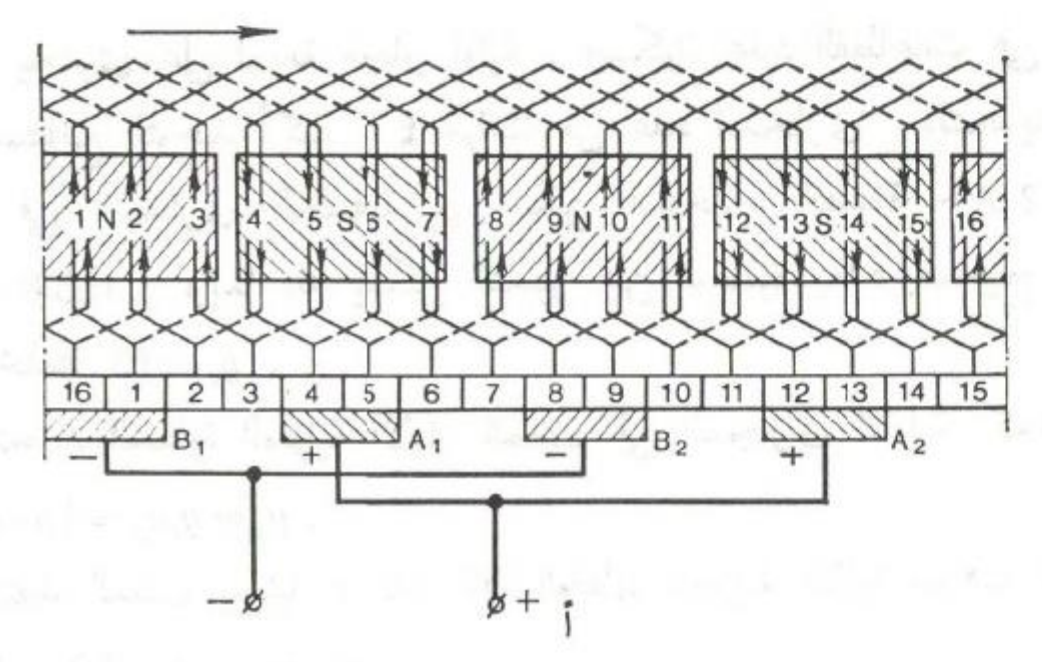
ولننفذ الملف يمينيا ، لذا فان الخطوة الجزئية الثانية سوف تكون : $y_2 = y_1 - 1 = 52 - 1 = 51$.

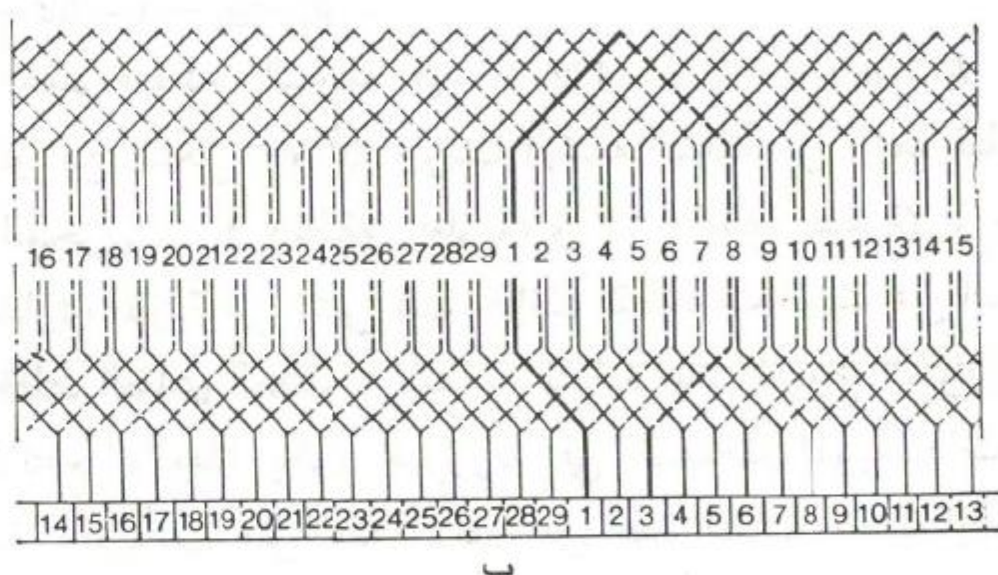
اما عدد صفائح التوحيد فهو : $K = u_p z = 4 \cdot 108 = 432$.

ويبدو من الشكل ٧٢ أن جوانب الوشيعة المؤلفة من اربعة قطاعات ، تقع فى المجريين : ١ (الطبقة العلوية) و ١٤ (الطبقة السفلية) ، وهنا تبين ارقام المجارى الاولية التى تنتمى اليها جوانب القطاعا ت المبينة على المخطط .

المخطط العقدى المعقد ، يستخدم لزيادة عدد الفروع المتوازية لملف عضو الانتاج ، وهذا يكون ضروريا فى المكنات القوية ذات الفلطية المنخفضة . ويتألف مثل هذا الملف من عدة ملفات عقدية بسيطة (فى الحالة العامة من m ، حيث m — معامل التكرار) ، اما كمية الفروع المتوازية فيها فهى $2a = 2pm$ ؛ وفى التطبيق العملى ، غالبا ما يتم اختيار معامل التكرار مساويا الى ٢ ، ويسمى مثل هذا الملف بالملف الثنائى الدور .

ويبيّن الشكل ٧٣ ، أ المخطط المنشور للملف العقدى المعقد الذى يكون فيه $2p = 4$ ، $z_e = 16$ و $m = 2$ ، ويتألف هذا اللف من ملفين عقديين بسيطين ، تنتمى للملف الاول جميع القطاعات المرقمة بأرقام فردية ، حيث توصل مآخذ هذه القطاعات مع صفائح التوحيد الفردية اما الملف الآخر فيتألف من القطاعات المرقمة بارقام زوجية ، والموصولة مع صفائح التوحيد ذات الارقام الزوجية . ويغلق كل ملف بسيط بشكل منفصل على نفسه ، اما كهربائيا فالملفان متصلان فقط عن طريق الفراشى ، التى يجب ان يؤمن عرضها تغطية ما لا يقل عن صفيحتى توحيد (بشكل عام m) .





الشكل ٧٣ – مخطط الملفات العقدية المعقدة :

أ – المخطط المنشور للملف الثنائى الادوار والحاوى على دائرتين مغلقتين ($z_1 = 16$ ، $2p = 4$)،

ب – المخطط المنشور للملف الثنائى الادوار ، والحاوى على دائرة واحدة مغلقة ($z_1 = 29$ ، $2p = 4$)

ويسمى الملف المدروس بالملف الثنائى الدور والثنائى الدائرة المغلقة ، وذلك لأن لكل من الملفين العقديين البسيطين الداخلين فى تركيب الملف المعقد ، دائرة تغلق بشكل منفصل ، وهذا أصبح ممكنا لأنه عندما $m = 2$ تكون الخطوة على الموحد $y_k = 2$ ، وعدد صفائح التوحيد K فى حالتنا هو عدد زوجى . وفى الحالة العامة ، اذا كان m القاسم المشترك الاعظم لـ y_k و K ، فان الملف المعقد سوف يتألف من m ملفا فرعيا تغلق دائرة كل منها بشكل منفصل .

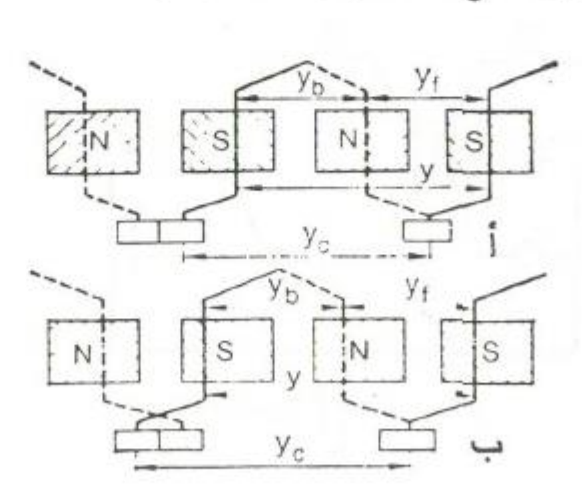
واذا كان عدد صفائح التوحيد (عدد القطاعات) فرديا فى الملف الثنائى الدور ($m=2$) ، فان الملف سيكون مغلق الدائرة لمرة واحدة (شكل ٧٣ ، ب) . واذا بدأنا بالدوران حسب مخطط الملف من صفيحة التوحيد ١ ، فاننا نقطع خلال الدورة الاولى حول عضو الانتاج جميع القطاعات الفردية وصفائح التوحيد الفردية ، ومن ثم عند الدورة الثانية حول عضو الانتاج نقطع جميع القطاعات الزوجية وصفائح التوحيد الزوجية . وفى نهاية الدورة الثانية نعود الى صفيحة التوحيد ١ ، التى بدأنا منها الدوران حول عضو الانتاج ، اى ان دائرة الملف أغلقت .

الملف الموجى البسيط ، يمتاز بان خطوتيه الجزئيتين y_1 و y_2 تنفذان فى نفس الاتجاه ، بحيث ان كلا منهما يساوى تقريبا التقسيم القطبى . ولذلك فان الخطوة الناتجة $y=y_1+y_2$ تعادل تقريبا لتقسيمين قطبيين . وتساوى الخطوة على الموحد لدى الملف الموجى ، للخطوة الناتجة ، اى $y_k=y$. وبعد كل دوران حول عضو الانتاج ، يعود الملف الى صفيحة التوحيد المجاورة لتلك الصفيحة التى بدأنا منها الدوران (من اليمين او من اليسار) . ومن هنا ينتج ، انه يمكن ايجاد الخطوة على الموحد y_k بموجب الصيغة : $y_k=(K\pm 1)/p$.

توافق العلامة « + » للملف اليمينى ، والعلامة « − » للملف اليسارى (شكل ٧٤ ، ب) . وتستخدم الملفات الموجية اليمينية بشكل نادر جدا بسبب الاجزاء الجبهية المتصالبة والاستهلاك الزائد لسلك اللف .

ولنرسم المخطط المنشور للملف الموجى اليسارى الذى يمتاز بالمواصفات التالية : $z=z_e=13$ ، $2p=4$. يمكن تحديد الخطوة الجزئية الاولى للملف بموجب الصيغة :

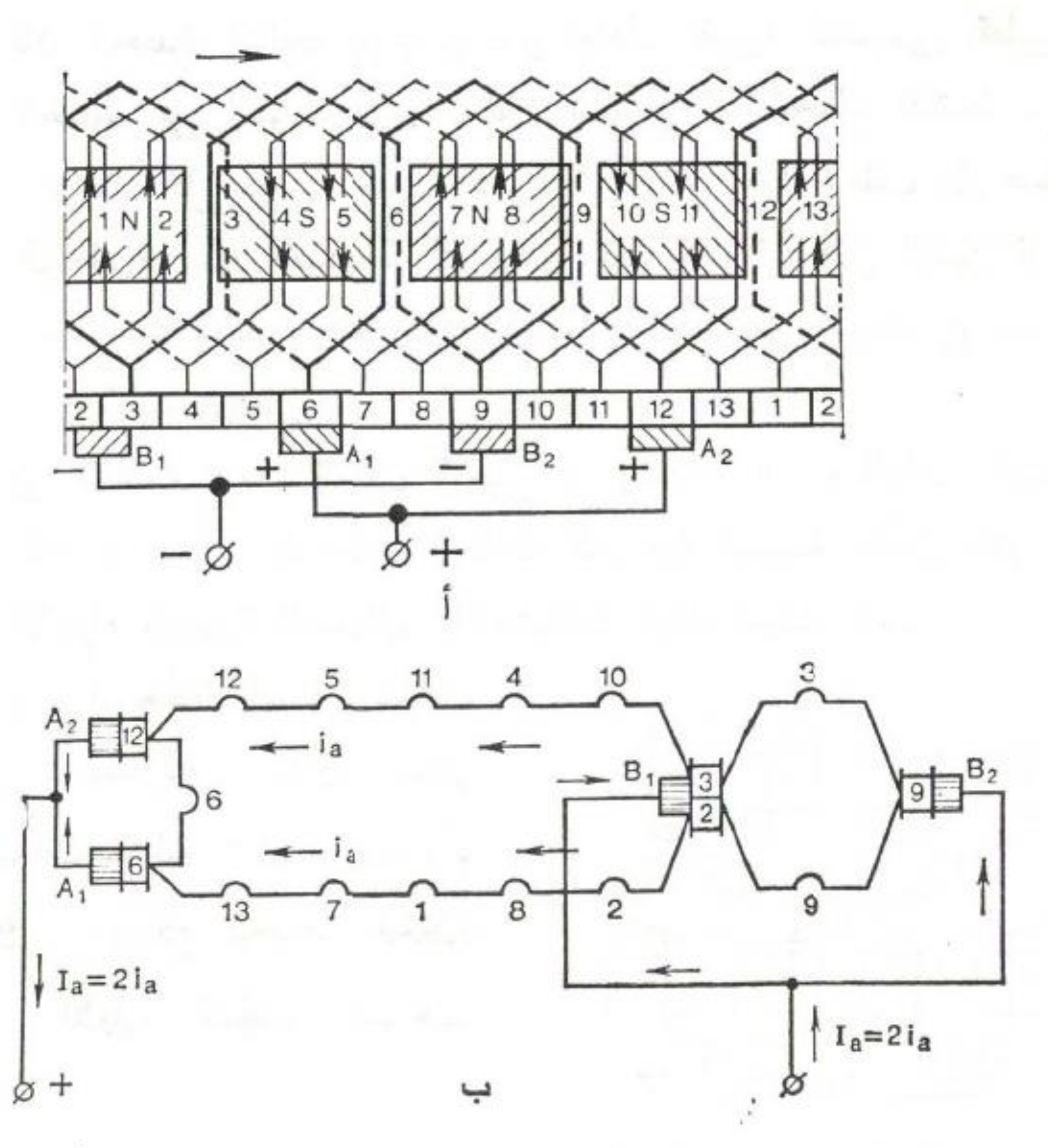
$$y_1=\frac{z_e}{2p}\pm\varepsilon=\frac{13}{4}-\frac{1}{4}=3$$



الشكل ٧٤ – قطاعات الملفات الموجية اليسارية (أ) واليمينية (ب)

وبعد معرفة ان $K = z_e$ ، فانه يمكن حساب الخطوة الناتجة والخطوة على الموحد ، كما يلى : $y = y_k = \frac{K \pm 1}{p} = \frac{z_e \pm 1}{p} = \frac{13 - 1}{2} = 6$

ونجد الخطوة الجزئية الثانية من العلاقة : $y_2 = y - y_1 = 6 - 3 = 3$.
وليس من الصعب رسم المخطط بعد توفر هذه المعطيات ، وهو مبين على الشكل ٧٥ ، أ . ويبين الشكل ٧٥ ، ب المخطط الكهربائى للفروع المتوازية للملف ، حيث يبدو من المخطط ان عدد الفروع المتوازية هنا يساوى اثنين ، اى $2a = 2$ ، وهذا شىء يميز جميع الملفات الموجية البسيطة بغض النظر عن عدد الاقطاب فى المكنة . وكان بالامكان الاكتفاء باستخدام فرشاتين فقط فى الملف مثلا A_2 و B_2 ، غير انه فى حالتنا هذه لكانت



الشكل ٧٥ – المخطط المنشور للملف الموجى البسيط ($2p = 4$ ، $z_e = 13$) (أ) ، والمخطط الكهربائى للفروع المتوازية (ب)

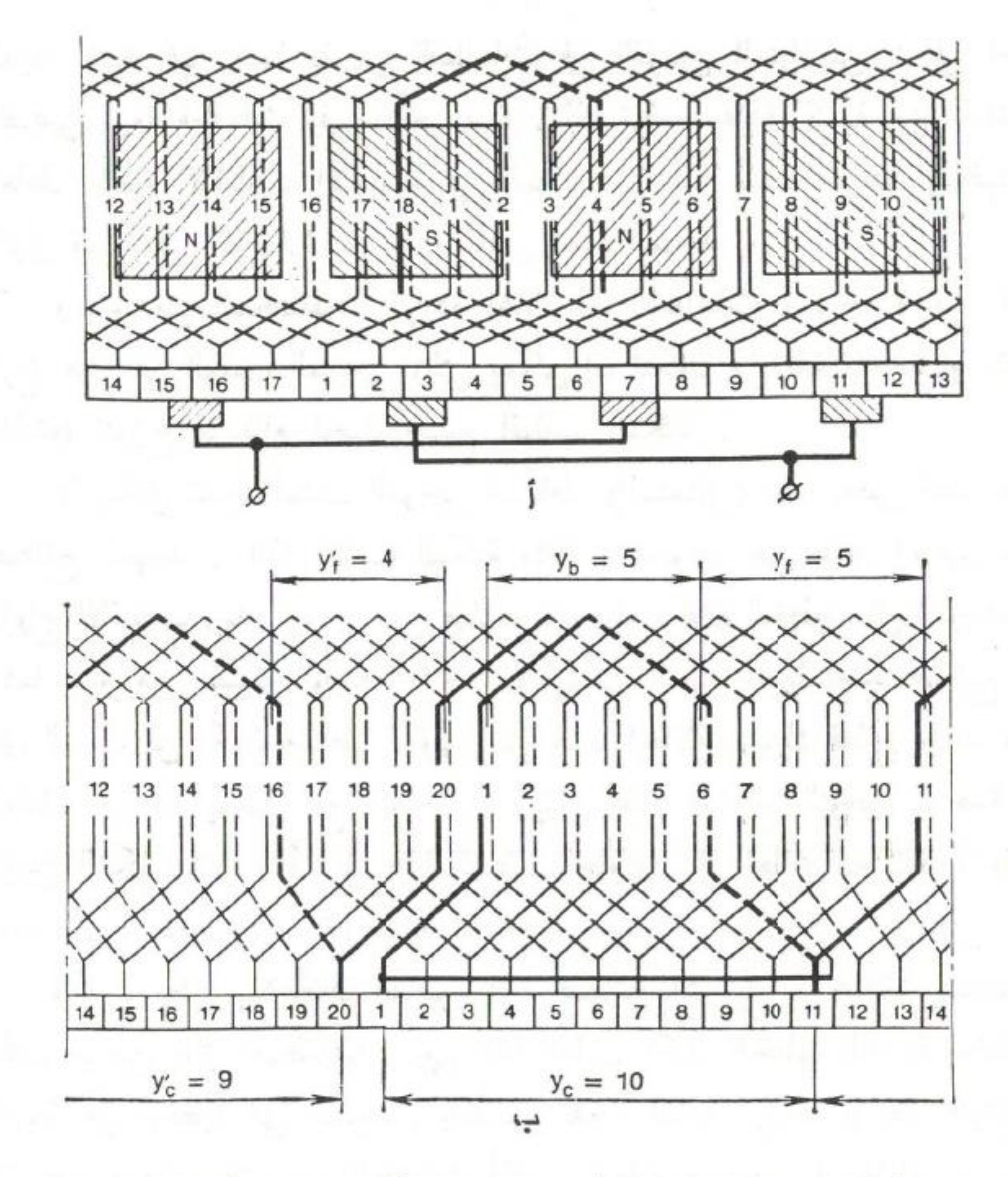
لدينا كمية غير متساوية من القطاعات فى الفرعين المتوازيين : فى احد الفرعين سبعة قطاعات وفى الآخر ستة . لذا توضع عادة كمية من الفراشى تعادل كمية الاقطاب الاساسية فى المكنة ، وهذا يسمح ايضا بتخفيض التيار المار فى كل فرشاية ، وبانقاص ابعاد الموحد .

ويبدو من المخططات الواردة اعلاه ان القطاعات الموجودة فى كل فرع مواز فى الملف الموجى (التى يمكن ان تتكون من لفة واحدة او عدة لفات) تتوزع بانتظام تحت جميع اقطاب المكنة .

لا يمكن تنفيذ الملف الموجى المتناظر (المتماثل) عند بعض العدد من صفائح الموحد . فاذا كانت المكنة مثلا ، تحوى على عدد زوجى من ازواج الاقطاب وعدد زوجى من صفائح التوحيد ، فان الخطوة على الموحد ، كما يبدو من الصيغة الواردة اعلاه ، لا يمكن التعبير عنها بعدد صحيح ، اى الملف لن يكون متناظرا . وفى مثل هذه الحالات يترك قطاع واحد فى الملف حرا ولا يوصل مع الموحد ، ويقلل عدد صفائح التوحيد بواحدة . ويبين الشكل ٧٦ ، أ مثل هذا الملف الحاوى على قطاع «ميت» ، وفيه $2p=4$ ، $z_e=18$ و $K=17$.

واذا لم يكن بالامكان انقاص عدد صفائح التوحيد ، عندئذ يستخدم ملف موجى يغلق اصطناعيا . وفى هذا الملف تكون الخطوة الناتجة مختلفة القيمة عن الخطوة على الموحد . وتحسب القيمة الثانية $y'=y'_k$ بعد افتراض ان عدد صفائح التوحيد والقطاعات أكبر بواحدة مما هو فى الواقع . وان الخطوة الجزئية الثانية فى الملف الموجى المغلق اصطناعيا ، لها ايضا قيمتان : $y_2=y-y_1$ و $y'_2=y'-y_1$. وعند رسم مخطط الملف (شكل ٧٦ ، ب) ، تتناوب الخطوات على الموحد y_k و y'_k ، بدءا من صفيحة التوحيد رقم ١ . وتوصل النهاية المتبقية للقطاع بعد الدوران مع الصفيحة رقم ١ بواسطة قطعة مستعرضة تغلق الملف اصطناعيا .

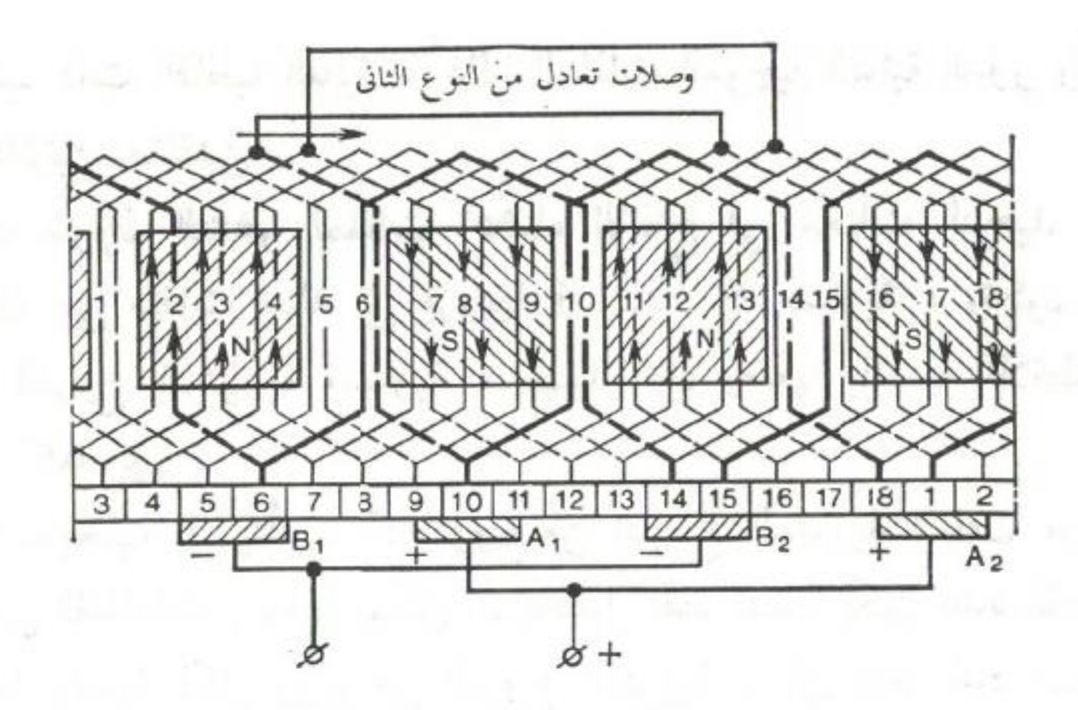
الملف الموجى المعقد (العديد الادوار) ، يتألف من عدة m ملفات موجية بسيطة موضوعة على عضو انتاج واحد (حيث m هى معامل التكرار) . ويكون عدد الفروع المتوازية للملف $2a=2m$ ، وذلك لان كل ملف من



الشكل ٧٦ – المخططات المنشورة للملفات الموجية غير المتناظرة :
أ – ذات القطاع «الميت» ($z_e = 18$، $2p = 4$) ، ب – المغلقة اصطناعيا ($z_e = 20$، $2p = 4$)

الملفات البسيطة m يحتوى على فرعين متوازيين . ولا تنتهى كل دورة حول عضو الانتاج فى الملف الموجى المعقد على صفيحة التوحيد الواقعة بجوار الصفيحة التى نبدأ منها ، بل تنتهى عند الصفيحة التى تبعد عنها بعدد m من الصفائح ، ويعبر عن خطوة الملف على الموحد بالصيغة $y_k (K \pm m)/p$.

واذا كان القاسم المشترك الاعظم لـ y_k و m هو t ، فاننا نحصل على ملف موجى معقد يحتوى على دوائر مغلقة متعددة (t مرة) ، وهو يتألف من t



الشكل ٧٧ – المخطط المنشور للملف الموجى المعقد والحاوية على دائرتين مغلقتين ($m = 2$ ، $2p = 4$ ، $z = 18$)

من الملفات الموجية البسيطة ، المتحدة مع بعضها كهربائيا فقط عن طريق الفراشى التى تغطى فى آن واحد m من صفائح التوحيد .

ويبين الشكل ٧٧ المخطط المنشور للملف الموجى المعقد الذى تكون فيه $2p = 4$ ، $z_e = K = 18$ ، $m = 2$. وتكون خطوة مثل هذا الملف على الموحد $y_k = (K - m)/p = (18 - 2)/2 = 8$ ، وبما أن القاسم المشترك الاعظم لـ $y_k = 8$ و $m = 2$ هو $t = 2$ ، فان الملف الموجى المعقد قيد البحث هو عبارة عن ملف له دائرتان مغلقتان ، اى انه يتألف من ملفين موجيين بسيطين منفصلين ، يتصلان كهربائيا فقط عن طريق الفراشى . وتكون خطوات الملف : $y_1 = \frac{z_e}{2p} - \varepsilon = \frac{18}{4} - \frac{1}{2} = 4$ $y = y_k = 8;\ y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4$ ويكون عدد الفروع المتوازية للملف $2a = 2p = 2m = 4$.

عندما لا يكون هناك فى الملف الموجى المعقد قاسم مشترك اعظم لـ y_k و m ، اى $t = 1$ ، فاننا نحصل عندئذ على ملف موجى معقد له دائرة مغلقة واحدة . وفى التطبيق العملى تستخدم فى اعضاء الانتاج للمكنات العديدة

الاقطاب ذات الفلطية العالية ، غالبا الملفات الموجية الثنائية الدور والحاوية على دائرتين مغلقتين .

ان شروط التناظر لملفات اعضاء الانتاج فى مكنات التوحيد ، اى الحصول على ملفات تتولد فى فروعها ق . د . ك متساوية ، وتكون مقاومة جميع الفروع المتوازية متساوية ، مهما كان وضعها بالنسبة للاقطاب ، تصاغ كما يلى :

١ — يجب ان يتألف كل زوج من الفروع المتوازية للملف من عدد واحد من القطاعات . وهذا يمكن ان يحصل فقط عندما يكون عدد القطاعات صحيحا بالنسبة لكل زوج من الفروع المتوازية ، اى S/a عدد صحيح .

٢ — يجب ان تشغل قطاعات كل زوج من الفروع المتوازية نفس العدد من المجارى فى عضو الانتاج ، اى z/a عدد صحيح .

٣ — يجب ان يشغل كل زوج من الفروع المتوازية للملف وضعا متشابها بالنسبة لمنظومة الاقطاب ، وهذا يمكن فقط فى تلك الحالة التى يكون فيها $2pa$ (او $2pm/a$) عددا صحيحا .

ويبين الجدول ١٢ شروط التناظر (التماثل) التى تطبق على انواع محددة من الملفات المدروسة ، وفى هذا الجدول تذكر الصيغ الاساسية لتحديد خطوات الملف وعدد الفروع المتوازية .

وصلات التعادل ، تستخدم لاستبعاد التأثير الضار على عمل المكنة للتوزيع غير المنتظم للتيار فى الفروع المتوازية لملف عضو الانتاج ، وللتوزيع غير المنتظم للفلطية بين صفائح الموحد .

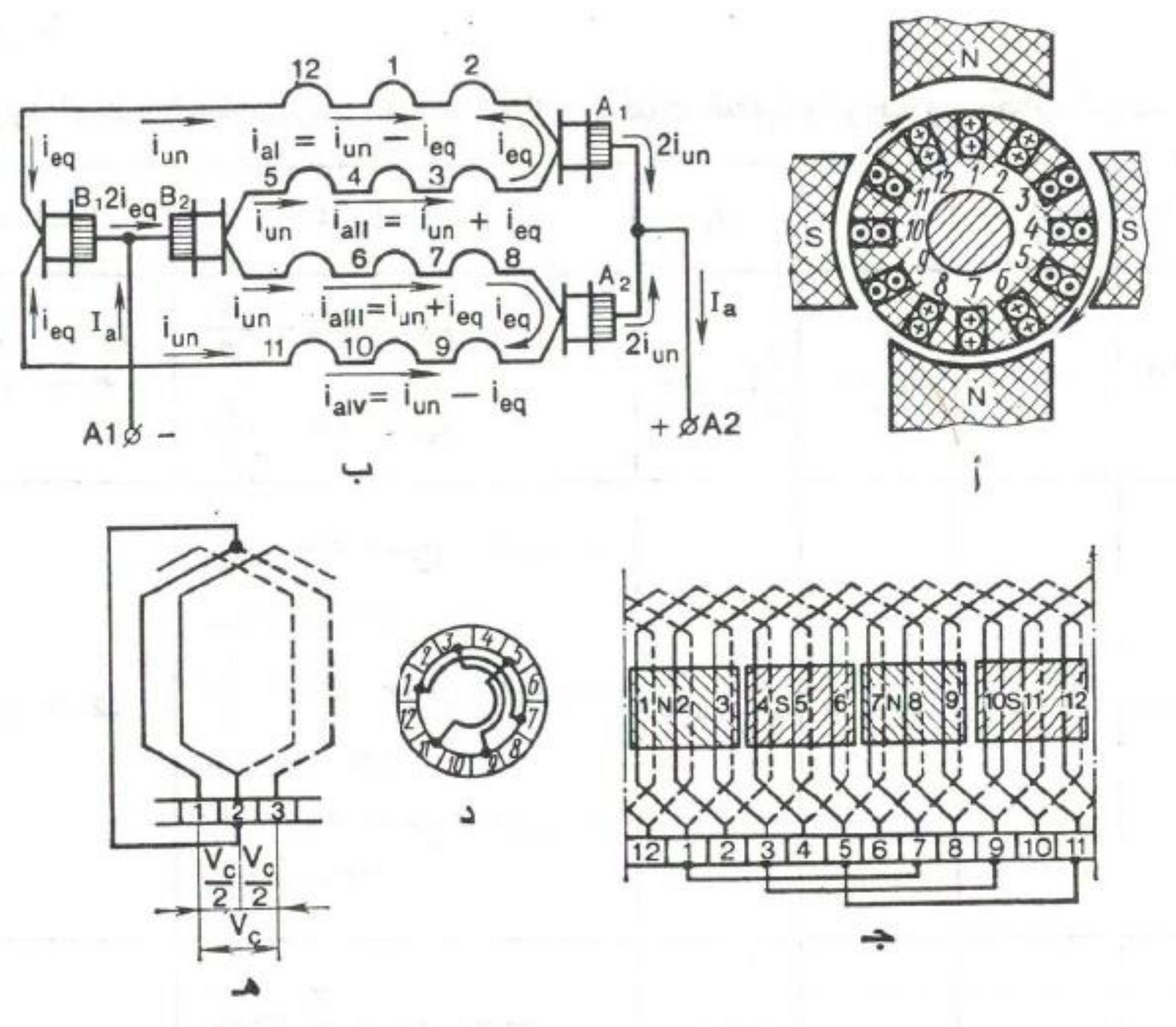
فى الملفات العقدية يقع كل فرع متواز تحت زوج من الاقطاب المتجاورة . فاذا كانت المكنة المزودة بمثل هذا الملف فى عضو الانتاج ، تحتوى على اربعة اقطاب رئيسية وأكثر (أى $p \geqslant 2$) ، ويوجد عدم تناظر فى المنظومة المغناطيسية (بسبب عدم انتظام الخلوص الهوائى مثلا) ، فان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فى الفروع المتوازية للملف ستكون مختلفة ، مما يؤدى الى ظهور تيارات التعادل .

الجدول ١٢

شروط التناظر والخطوات وعدد الفروع المتوازية للملفات العقدية والموجية فى مكنات التوحيد

نمط الملف	شروط التناظر	y_1	y_2	$y = y_k$	$2a$
العقدى البسيط	$\frac{K}{p}$ – عدد صحيح $\frac{z}{p}$ – عدد صحيح	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y_1 \pm 1$	± 1	$2p$
العقدى المعقد	$\frac{K}{p}$ – عدد صحيح ، ليس من مضاعفات m ؛ $\frac{z}{p}$ – عدد صحيح ، ليس من مضاعفات m ؛ u_p – عدد صحيح ، ليس من مضاعفات m ؛	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y_1 \pm m$	$\pm m$	$2pm$
الموجى البسيط	$\frac{K}{z} = u_p$ – عدد صحيح (لدى الملفات المستخدمة ، غير المتناظرة ، والحاوية على قطاع «ميت» ، يكون $\frac{K+1}{z}$ عددا صحيحا)	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y - y_1$	$\frac{K \pm 1}{p}$	2
الموجى المعقد	$\frac{z}{a}$ – عدد صحيح ؛ $\frac{K}{z} = u_p$ – عدد صحيح $\frac{2p}{a}$ – عدد صحيح	$\frac{z_e}{2p} \pm \varepsilon$	$y - y_1$	$\frac{K \mp a}{p}$	$2m$

فعند التمركز غير الصحيح لعضو الانتاج مثلا (الشكل ٧٨ ، أ) ، حيث يكون الخلوص تحت القطب العلوى اكبر من الخلوص تحت القطب السفلى ، سـ ف نحصل على ق . د . ك فى الفرعين المتوازيين الاول والرابع أقل مما يتولد فى الفرعين الثانى والثالث (الشكل ٧٨ ، ب) . ويكون عندئذ



الشكل ٧٨ – وصلات التعادل :

أ – الوضع غير المتناظر لعضو الانتاج فى المكنة الرباعية الاقطاب ، ب – المخطط الكهربائى للفروع المتوازية للملف العقدى لعضو الانتاج فى المكنة الرباعية الاقطاب ، وتيارات التعادل المارة فيها ؛ جـ – وصلات التعادل من النوع الاول فى الملف العقدى ، عندما $2p = 4$ ، $z = z_e = K = 12$ ؛ د – توصيل صفائح الموحد بتوصيلات التعادل من النوع الاول، هـ – وصلات التعادل من النوع الثانى فى الملف العقدى المعقد

كمونا الفرشاتين B_1 و B_2 غير متساويين ، وتظهر فى الفروع المتوازية للملف تيارات التعادل i_{comp} ، التى تغلق دائرتها عبر الناقل الواصل بين الفرشاتين B_1 و B_2 ، ولا تخرج الى الدائرة الخارجية للمكنة . وبما ان مقاومة عضو الانتاج غير كبيرة ، فان تيارات التعادل i_{comp} تصل الى قيمة كبيرة ، حتى عند الاختلاف الضئيل فى ق . د . ك المتولدة فى الفروع المتوازية . وبالنتيجة ، سيكون قسم من الفروع المتوازية غير محمل بالكامل (فى حالتنا الفرعان الاول والرابع) ، وسيكون القسم الآخر مفرط التحميل (الفرعان الثانى والثالث) وحاميا بشكل زائد . وبالاضافة الى ذلك تزداد حمولة

قسم من الفراشى (فى حالتنا الفرشاة B_2) حيث تفوق كثافة التيار تحتها الحدود المسموح بها ، مما يؤدى الى ظهور الشرر بشكل مفرط ، على الموحد .

ولمكافحة التأثير الضار لتيارات التعادل ، توصل كهربائيا فيما بينها ، نقاط ملف عضو الانتاج ، التى يجب ان يكون كمونها واحدا . وتسمى هذه الوصلات (للملف العقدى البسيط فى حالتنا) **بوصلات التعادل من الصنف الاول** ، وهى تنفذ باسلاك نحاسية مقطعها يتراوح من خمس حتى ثلث مقطع سلك الملف ، وتوصل مع نقاط الملف التى يسهل الوصول اليها ، التى تكون عبارة عن صفائح الموحد او الاقسام الجبهية من الجانب المقابل للموحد . وتعادل كمية هذه النقط لعدد الاقطاب فى المكنة ، وتدعى المسافة الكائنة بين نقطتين متجاورتين متساويتى الكمون بالخطوة الكمونية y_{comp} . وعند وضع وصلات التعادل من جهة الموحد تقاس الخطوة y_{comp} بعدد تقسيمات الموحد : $y_{comp} = K/a = K/p$.

وان العدد الكلى لوصلات التعادل من النوع الاول التى يمكن ان توجد فى الملف ، هو $N_{comp} = K/a$. غير انه تنفذ بالعدد الكامل لوصلات التعادل، فقط تلك الملفات الموجودة فى المكنات الضخمة والهامة ، مثلا محركات مكنات الدرفلة . اما فى المكنات المتوسطة القدرة ، فيعتبر كافيا وجود عدد من وصلات التعادل مساويا لعدد المجارى الحقيقية . وفى المكنات الصغيرة الرباعية الاقطاب تنفذ عادة ٣ – ٤ وصلات تعادل .

يبين الشكل ٧٨ ، جـ ، د وصلات التعادل من النوع الاول ، فى عضو الانتاج لمكنة رباعية الاقطاب $(2p = 4)$ ، تحتوى على ملف عقدى بسيط مؤلف من ١٢ قطاعا . وتكون الخطوة الكمونية هنا $y_{comp} = K/p = 12/2 = 6$ ، اما العدد الكلى الممكن لوصلات التعادل $N_{comp} = K/a = 12/2 = 6$ ، نفذت منها ثلاث وصلات .

ومن الجدير بالذكر ان وجود وصلات التعادل لا ينزع الحمولة الزائدة عن الملف والفراشى من تيارات التعادل فحسب ، بل ويضعف ايضا تأثير السبب الذى يستدعى ظهور تيارات التعادل . ويحصل ذلك ، لأن تيار

التعادل المار عبر وصلات التعادل والملف يقوى المجال المغناطيسى حيث كان ضعيفا ، ويضعفه حيث كان قويا .

ولا تحتاج الملفات الموجية البسيطة الى وصلات تعادل ، لأن قطاعات كل فرع متواز هنا تقع تحت جميع الاقطاب ، وينعكس عدم انتظام السيالة المغناطيسية تحتها بدرجة واحدة على ق . د . ك المتولدة فى الفروع المتوازية ، اى تبقى هذه ق . د . ك متساوية .

وفى الملفات المعقدة الموجية والعقدية ، توصل الملفات البسيطة التى تشكل الملفات المعقدة على التوازى عبر تماسات الفراشى على الموحد . وبما ان المقاومات الانتقالية بين الفراشى وصفائح الموحد ، التابعة للملفات البسيطة لا يمكن ان تكون متساوية بدقة عمليا ، فان التيار يتوزع ايضا بين الملفات بشكل غير متساو . وهذا يؤدى الى الخلل فى التوزيع المنتظم للكمون على الموحد ، ويمكن ان يستدعى هنا ظهور الشرر بكمية كبيرة . ولازالة التوزيع غير المنتظم للفلطية على الموحد تستخدم وصلات التعادل من النوع الثانى ، التى توصل كهربائيا نقط الكمون المتساوى مع بعضها فى الملفات البسيطة الداخلة ضمن الملف المعقد .

وفى الملفات العقدية المعقدة تنفذ وصلات التعادل من النوع الثانى كما هو مبين على الشكل ٧٨ ، ه . ويساوى معامل التكرار لهذا الملف الى اثنين ، ولذلك توصل مآخذ القطاعات مع الموحد عبر صفيحة توحيد واحدة (صفيحة رقم ١ ورقم ٣) . ويجب على الصفيحة رقم ٢ التى تنتمى الى الملف البسيط الثانى ، ان تقسم فلطية القطاع بالنصف ، ولهذا الغرض تم تنفيذ وصلة التعادل المبينة على الشكل من النوع الثانى . و من الجدير بالذكر ان تنفيذ وصلات التعادل الواصلة بين نقط الملف الواقعة على جانبى عضو الانتاج ، مرتبط بصعوبات معينة : نضطر لسحبها عبر ثقوب كائنة بين الجذع وقلب عضو الانتاج .

ويجب علينا ان نتذكر ، انه اذا كنا نضطر لاستخدام وصلات تعادل من النوع الثانى فقط فى الملفات الموجية المعقدة ، فاننا نحتاج فى الملفات العقدية الى استخدام وصلات تعادل من النوعين : الاول والثانى .

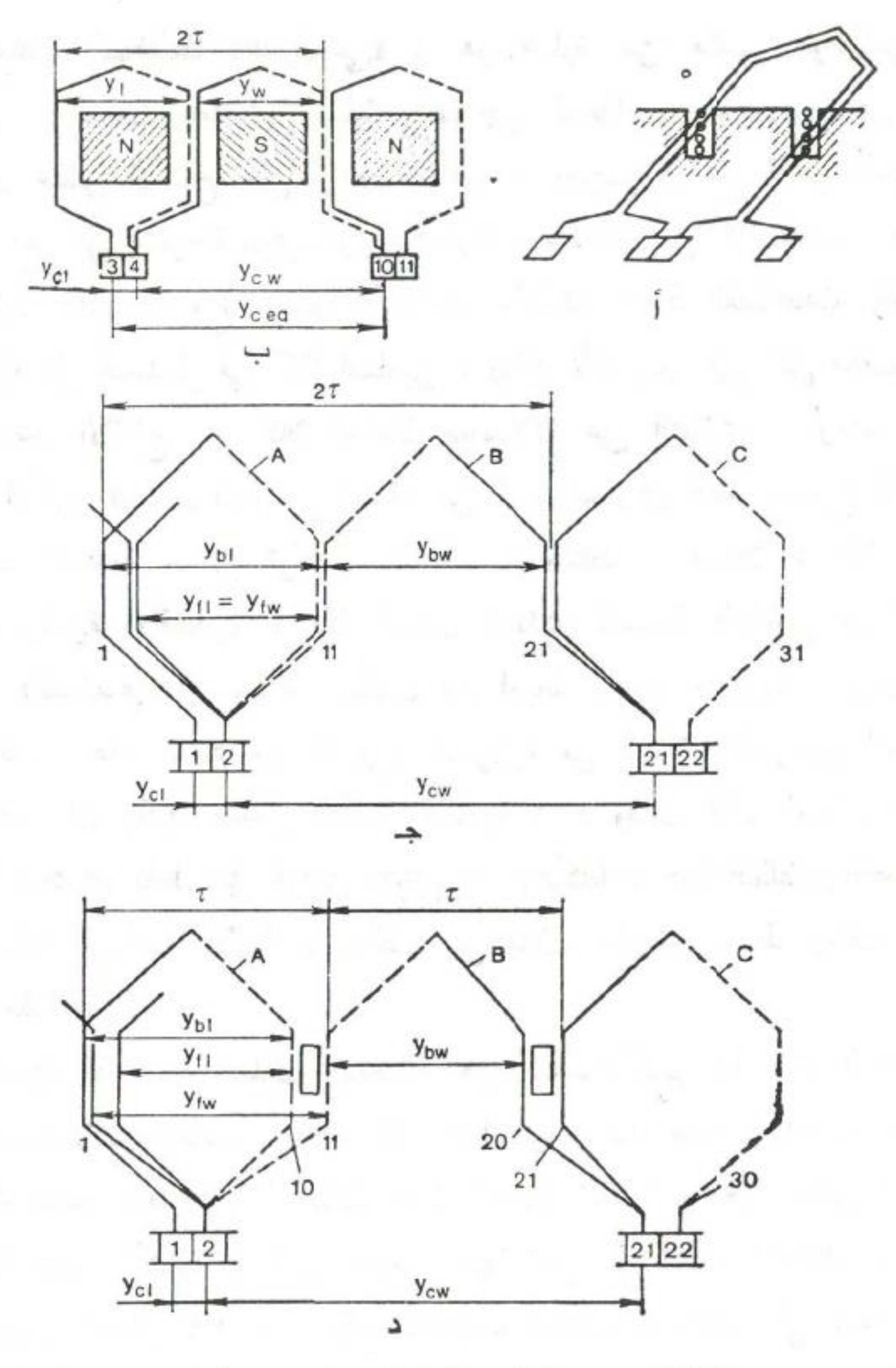
الملف المختلط «الضفدعى» ، هو عبارة عن ملفين موصولين على التوازى : الملف العقدى والملف الموجى المعقد ، موضوعين فى نفس مجارى عضو الانتاج على اربع طبقات ، وموصولين مع نفس الموحد . وتوصل مع كل صفيحة توحيد اربعة اسلاك : سلكان من كل ملف . ويجب ان يكون عدد الفروع المتوازية واحدا وكذلك عدد القطاعات والاسلاك الموصولة على التسلسل فى كلا الملفين ، وذلك لأنه يمر فى كل ملف نصف تيار عضو الانتاج ، وكلا الملفان موصولان على التوازى . ويتم اختيار معامل التكرار للملف الموجى المعقد من شرط تساوى عدد الفروع المتوازية للملفات الداخلة ضمن تركيب الملف المختلط . فمثلا ، اذا كانت المكنة رباعية الاقطاب ، فان الملف العقدى البسيط الداخل فى تركيب الملف «الضفدعى» ، سوف يتألف من اربعة فروع متوازية . ويجب ان يكون نفس هذا العدد من الفروع المتوازية فى الملف الموجى المعقد ، اى يجب ان يكون معامل التكرار مساويا ٢ ، وذلك لان الملف الموجى البسيط يحتوى فقط على فرعين متوازيين . وهكذا ، فان الملف «الضفدعى» فى المكنة الرباعية الاقطاب يتألف من ملف عقدى بسيط وملف موجى معقد مضاعف .

والميزة الاساسية للملف المختلط هى العدد الكبير للفروع المتوازية ، وانعدام وصلات التعادل . وبما ان تكنولوجية تنفيذ هذه الملفات معقدة ، فانها تستخدم فقط فى المكنات ذات القدرة الكبيرة و فى بعض المكنات السريعة وغير الكبيرة ، التى يصعب فيها تنفيذ وصلات التعادل .

ويبين الشكل ٧٩ ، أ موقع قطاعات الملف المختلط فى المجارى ، ويبين الشكل ٧٩ ، ب قسما من مخططه المنشور . وتكون خطوات قطاعات الملفات ، التى تشكل الملف المختلط ، متشابهة $y_{1w} = y_{1e}$. وان خطوة الملف المختلط تساوى مجموع خطوات الملفات المكونة :

$$y_1 = y_{1e} + y_{1w} = z_e/(2p) + z_e/(2p) = z_e/p = K/p = y_{comp}$$

ولهذا فان صفائح الموحد التى كان من الواجب وصلها بوصلات تعادل ، تكون فى الملف المختلط موصولة بالقطاعات .



الشكل ٧٩ – الملف المختلط («الضفدعى») :

أ – وضع قطاعات الملف المختلط فى المجارى ؛ ب – جزء من المخطط المنشور للملف المختلط ،
جـ – مخطط الملف عندما $z = 40$ ، $2p = 4$ ، $y_{1l} = y_{1w} = 10$ ، $y_{2l} = y_{2w} = 10$ ،
د – مخطط الملف عندما $z = 40$ ، $2p = 4$ ، $y_{1l} = y_{1w} = 9$ ، $y_{2l} = y_{2w} = 10$

ويبين الشكل ٧٩ ، جـ قسما من المخطط المنشور للملف المختلط الذى فيه : $2p = 4$ ، $z = 40$ ، $u_p = 1$ ، $K = u_p \cdot z = 1 \cdot 40 = 40$.

اما خطوات الملف العقدى فهى : $y_{1e}=10$ ؛ $y_{2e}=9$ ، $y_{comp}=1$ ،
وخطوات الملف الموجى : $y_{1w}=10$ ، $y_{2w}=9$ ، $y_{comp}=19$.

ويمكن تحديد خطوات الملف «الضفدعى» حسب هذا المخطط ، بالطريقة التالية : نجد خطوات الملف العقدى ونرسم على المخطط القطاعين A و C المزاحين بالنسبة لبعضهما البعض بمقدار 2τ . ومن ثم نوصل صفيحة التوحيد ٢ ، حيث نوصل طرف القطاع A بواسطة القطاع B من الملف الموجى ، مع بداية القطاع C . ويوضع القطاع B فى تلك المجارى التى تستلقى فيها قطاعات الملف العقدى . ومن معطيات الرسم الحاصل نحدد خطوات الملف الموجى y_{1w} و y_{2w} و y_{comp} ، ومن ثم نتأكد من الخطوة على الموحد ، المحسوبة من المخطط ، بموجب الصيغة التالية : $y_{kw}=(K+a)/p$. ويجب ان يكون مجموعة الخطوات على الموحد للملفين العقدى والموجى اللذين يشكلان الملف «الضفدعى» حسب العلاقة :

$y_{kl}+y_{kw}=K/p$.

ومن المخطط المبين على الشكل ٧٩ ، د تكون الخطوات الاولى للملفين الموجى والعقدى مقصرة بمقدار مجرى واحد : $y_{1e}=9$ ، $y_{1w}=9$. وعندئذ تكون الخطوات الثانية: $y_{2e}=8$ ، $y_{2w}=10$. وتبقى الخطوة على الموحد كما فى السابق. وان مثل هذا المخطط ، الذى يمكن الحصول عليه على شرط ان $z/(2p)$ يساوى عددا صحيحا ، يساهم فى تحسين تحويل المكنة للتيار الكهربائى.

أسئلة للمراجعة

١ — ما هى انواع الملفات التى تعرفها فى المكنات الكهربائية ؟

٢ — ارسم المخططين : المنشور والجانبى ، للملف الثلاثى الاطوار الاحادى الطبقة والمتمركز والثنائى المستويات ، بالمعطيات التالية : $z=36$ ، $2p=4$ $a=2$.

٣ — تحدث عن الملفات الشابلونية الاحادية الطبقة والثلاثية الاطوار وخصائصها .

٤ — ارسم المخطط المنشور والمخطط الجانبى المبسط للملفات العقدية الثلاثية الاطوار والثنائية الطبقات ، بالمعطيات التالية :

$z=24$ ، $2p=2$ ، $a=1$ بخطوات قطرية ومقصرة ؛

$z=36$ ، $2p=4$ ، $a=1$ و $a=2$ ، بخطوة قطرية واخرى مقصرة ؛

$z=54$ ، $2p=6$ ، $a=1$ بخطوة مقصرة $(p\approx 0{,}8\tau)$.

٥ – ارسم مخططات الملفات العقدية الثلاثية الاطوار ذات العدد الكسرى q بالمعطيات التالية :
$z = 36$ ، $2p = 8$ ؛ الملف احادى الطبقة ؛
$z = 48$ ، $2p = 6$ ؛ الملف ثنائى الطبقات .
٦ – كيف يتم تحويل عدد ازواج الاقطاب فى الملفات الثلاثية الاطوار والمتعددة السرعات ؟
٧ – ارسم المخطط المنشور لملف العضو الساكن للمحرك اللامتزامن الاحادى الطور المزود بملف اقلاع فيه $z = 36$ و $2p = 4$.
٨ – ما هى انواع الملفات لاعضاء الانتاج فى مكنات التوحيد ؟

الباب السادس :

تنظيم اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات

البند ٢٨ – منظومة الاصلاح الوقائى المخطط ، انواع الاصلاح ، بنية منشآت الاصلاح الكهربائى

لقد اعتمدت فى الاتحاد السوفييتى منظومة الاصلاحات الوقائية المخططة ، التى يعتبر فحواها هو التنفيذ المخطط لمجمل الاعمال والاجراءات المتعلقة بصيانة المعدات الكهربائية واصلاحها . ويتم تحديد تتابع الاصلاحات وحجمها ودوريتها حسب منظومة الاصلاح الوقائى المخطط ، تبعا لانظمة العمل وظروف الاستثمار للمعدات الكهربانية ، مع الاخذ بعين الاعتبار ضرورة تأمين العمل المتواصل للمنشأة بدون تلكؤ ، مع الحفاظ على أمن الافراد القائمين على صيانة المعدات الكهربائية . وتعتبر منظومة الاصلاح الوقائى المخطط ، منظومة مخططة للاجراءات التى تضمن العمل المستمر والخالى من الاعطال للمعدات الكهربائية . ونتيجة للاستخدام الواسع على مدى سنوات عديدة لهذه المنظومة فى الصناعة ، فقد انخفضت النفقات المصروفة على صيانة المعدات الكهربائية ، ونقص عدد الحوادث ، ونقص وقت التوقف ، وازدادت ضمانية عمل المعدات الكهربائية ، وارتفع المستوى الفنى لعمل الاصلاح الكهربائى .

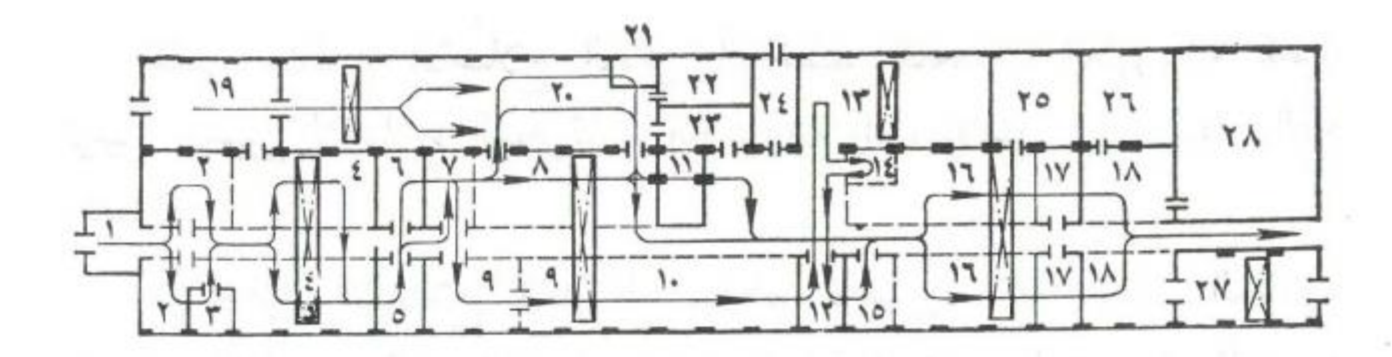
تقضى منظومة الاصلاح الوقائى المخطط للمعدات الكهربائية تنفيذ نوعين رئيسيين لاصلاح المحركات الكهربائية والمحولات : المتوسط والعام (العمرة) .

يتم تنفيذ الاصلاح المتوسط بهدف تحسين حالة عوازل الملفات والدهان باللك ، وذلك بتنظيفها وغسلها وتجفيفها وتشريبها ودهنها باللك ، وازالة الاعطال الطفيفة للعوازل ، والاعطال الموجودة فى تثبيت الملفات ، والكشف عن الاعطال فى الوصلات وازالتها (لحام المونة الردىء ، والتماسات الرديئة) ؛ وازالة أعطال حلقات التماس والموحدات بواسطة الخراطة والتجليخ وحفر الممرات ؛ وفحص جميع الاجزاء والعناصر ؛ واستبدال الاجزاء المتآكلة والمعطوبة .

ان الهدف الاساسى من الاصلاحات المتوسطة هو تجنب التآكل المفرط للمعدات الكهربائية والمحافظة عليها فى حالة الجاهزية للعمل .

اما مهمة الاصلاح العام فهى استعادة او تبديل جميع الاجزاء المتآكلة والمعطوبة ، والاجزاء والملفات لتأمين عمل المكنة الكهربائية او المحول بلا تلكؤ لمدة طويلة تحددها اصول الاستثمار الفنى او غيرها من الانظمة . ويمكن انجاز الاصلاح العام بدون تعديلات اساسية على تصميم المعدات الكهربائية الجارى اصلاحها ، وكذلك يمكن ان يرتبط بأعمال تحسين المواصفات الاستثمارية والتصميم للمكنات الكهربائية ، مثلا تعديل العضو الدوار الطورى للمحرك الى قفص السنجاب ، او تبديل العازل القديم للملف بآخر جديد أكثر تحملا للحرارة ، وهكذا .

وغالبا ما يحتاج الامر الى التحديث عند اجراء الاصلاح العام (مراجعة عامة او عمرة) للمحولات والمكنات الكهربائية ذات التصميم القديم ، اى تحسين التصميم والخواص الاستثمارية ورفع الضمانة وقابلية الاصلاح والامان . والهدف الاساسى للتحديث هو تقريب المعدات الكهربائية القديمة وغير الكاملة فنيا ، من التصاميم الحديثة التى تلبى أكثر ما يمكن للمتطلبات المعمول بها ، ولظروف الاستثمار .



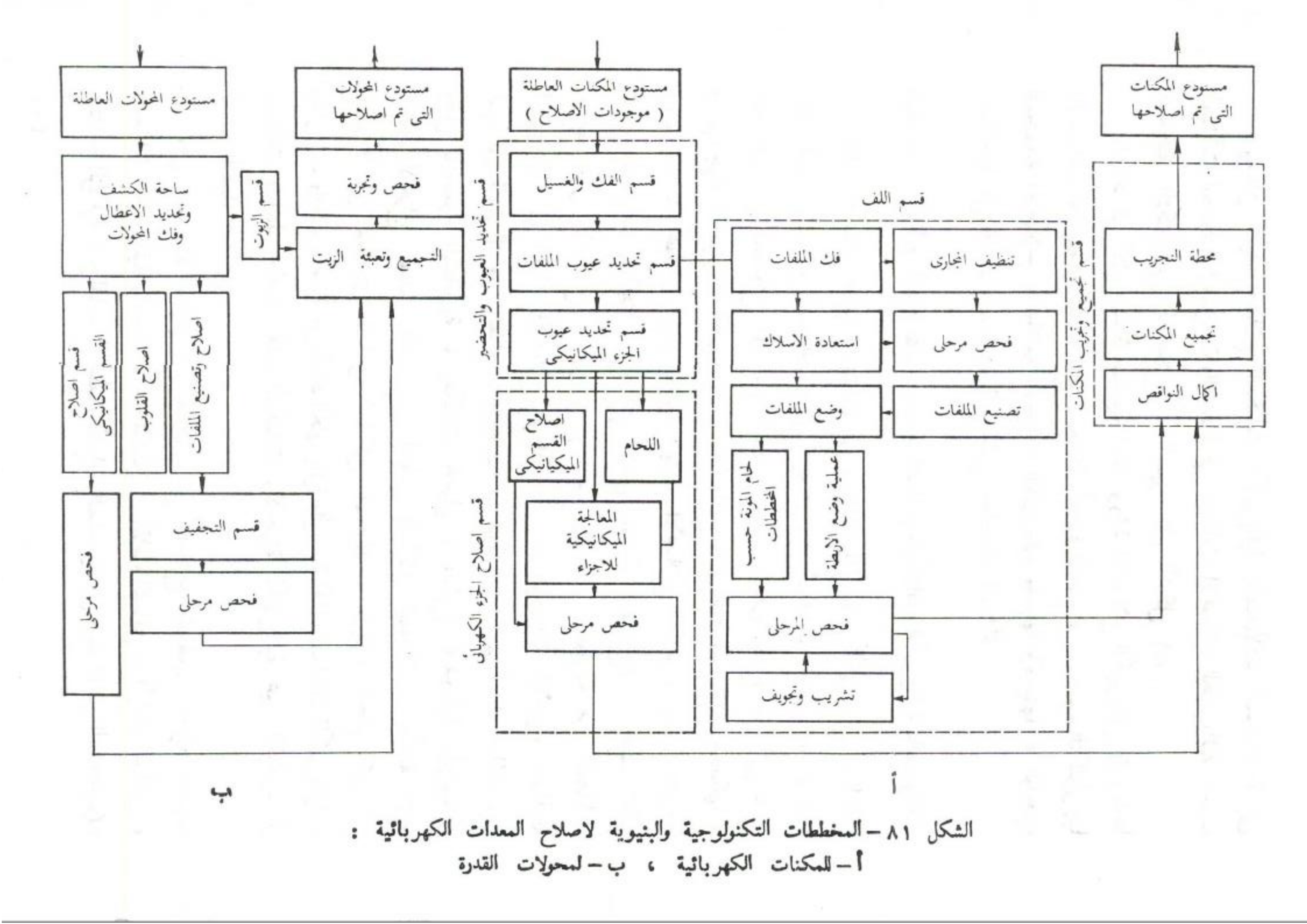
الشكل ٨٠ – مخطط ورشة الاصلاح المتواصل للمحركات الكهربائية والمكنات العاملة بالتيار المستمر :

١ – غرفة مدخل ، ٢ – ساحة لتخزين المعدات الكهربائية الواردة للاصلاح (معتمدات الاصلاح) ، ٣ – قاعدة اختبار قبل الاصلاح ، ٤ – اقسام الفك ، ٥ – حجرة تنظيف وغسيل المعدات الكهربائية المفكوكة ، ٦ و ٧ – قواعد الاختبار قبل الاصلاح للاجزاء الميكانيكية والكهربائية ، وكذلك تحديد اعطال المعدات الكهربائية ، ٨ – مستودع المعدات الكهربائية المفكوكة ، ٩ – ساحات لفك الملفات المعطوبة ، ١٠ – مبنى لاستعادة عازل الاسلاك فى الملفات المعطوبة ، ١١ – مستودع القطع التبديلية ، ١٢ – قاعدة فحص واختبار الملفات كهربائيا ، ١٣ – قسم التجفيف والتشريب ، ١٤ – ساحة لتبديل اربطة الاسلاك ، ١٥ – ساحة لتخزين الاعضاء الساكنة واعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة الطورية ، ١٦ – اقسام تجميع المكنات ، ١٧ – قواعد اجراء الاختبارات النهائية ، ١٨ – مستودعات المعدات التى تم اصلاحها ، ١٩ – ورشة اللحام والتصنيع ، ٢٠ – قسم التسوية والاصلاح الميكانيكى ، ٢١ – قاعدة اختبار الاجزاء الحاوية على عوازل كهربائية ، ٢٢ – ورشة الغلفنة ، ٢٣ – مستودع العدد ، ٢٤ – مستودع مواد اللف والعزل ، ٢٥ – ورشة لاستعادة وتصنيع اسلاك اللف ، ٢٦ – ورشة التركيب الكهربائى ، ٢٧ – ورشة اصلاح المحولات ، ٢٨ – ابنية المكاتب والخدمات

يتأمن الانجاز الفعال والمرتفع الانتاجية لاعمال الاصلاح عن طريق الاختيار الصحيح لمخطط ورشة الاصلاح الكهربائى ، واستخدام مبدأ تقدمى للاعمال ، واستخدام التكنولوجيا العصرية .

ويبين الشكل ٨٠ خطة نموذجية مع تقسيم ورشة الاصلاح الكهربائى ، للقيام بالاصلاح المتواصل للمحركات الكهربائية فى مؤسسة ضخمة .

يمكن فى الحالات الضرورية استخدام ورشة الاصلاح ، ليس فقط من اجل اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات ، ولكن كذلك لاصلاح المعدات الكهربائية الاخرى . ولهدف توسيع تعداد المعدات الكهربائية التى يمكن اصلاحها ، يمكن ان يستخدم بنجاح قسم من المساحات الانتاجية المتوفرة ، والمخارط المتوفرة والعدد والنبائط .



الشكل ٨١ – المخططات التكنولوجية والبنيوية لاصلاح المعدات الكهربائية :
أ – للمكنات الكهربائية ، ب – لمحولات القدرة

ويمكن تنفيذ اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات المستخدمة فى المنشآت الصناعية المتوسطة والصغيرة فى ورشات الاصلاح الكهربائية حسب المخطط التكنولوجى للاصلاح ، المبين على الشكل ٨١ .

تتحدد فى كل منشأة صناعية ابعاد ورشة الاصلاح الكهربائى وتزويدها بالمعدات الخاصة ومكنات قطع المعادن وأجهزة اللحام ، بموجب التكنولوجيا المعتمدة للاصلاح ، وقائمة المعدات الكهربائية وقدرتها وكميتها ، الواجب اصلاحها فى المدد المحددة التى تلبى حاجات المنشأة .

البند ٢٩ ـ النظام المتبع للقيام بعملية اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات

لقد اعتمدت غالبية المنشآت فى ورشات الاصلاح الكهربائى ، النظام التالى للقيام باصلاح المعدات الكهربائية : ترد المعدات الكهربائية الواجب اصلاحها من المستودع الى قسم الفك ، حيث تنظف وتفرغ من الزيت ، ويتم اجراء الاختبارات الضرورية قبل الاصلاح ، ثم تفك المعدات ووحداتها ، ويتم تحديد أعطالها (يتم تحديد حجم الاصلاح اللازم ، وحالة ودرجة تآكل الوحدات والاجزاء ، وتنظم الوثائق اللازمة للاصلاح) ، حيث تنظم خارطة سير الاصلاح ، وترسل الوحدات والاجزاء المعطوبة من المعدات الكهربائية الى اقسام الاصلاح الموافقة ، اما الوحدات والاجزاء الصالحة فترد الى قسم التزود بالقطع . ويجب ان تتوفر فى قسم الفك وسائط رفع ونقل بالحمولة المطلوبة ، ومكنات غسيل ، ونوازع هيدرولية ولولبية ، ونبائط لاخراج العضو الدوار من العضو الساكن للمحرك ، ومكنة لنزع الملفات من مجارى العضو الساكن للمحرك ، واجهزة لحام كهربائى وغازى ، واطقم مناسبة من العدد الكهربائية واليدوية لفك المعدات الكهربائية ؛ ومعدات ونبائط خاصة لفك المكنات والاجهزة الكهربائية غير القياسية او ذات التنفيذ الخاص .

وفى قسم الاصلاح الميكانيكى يتم اصلاح وتحضير اجزاء جديدة للمعدات الكهربائية (اعمدة ، موحدات ، حلقات التماس ، آليات الفراشى ، مدارج انزلاقية ، وملفات الاعضاء الدوارة المقصرة على هيئة قفص السنجاب)،

ويتم القيام باعادة تعبئة الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة فى المكنات الكهربائية ، وباعادة تعبئة القلوب المغناطيسية لمحولات القدرة ، وكذلك تنفذ هنا المعالجة الميكانيكية لمختلف اجزاء المعدات الكهربائية الجارى اصلاحها . ويجب ان يزود قسم الاصلاح الميكانيكى بوسائط الرفع والنقل ، وبمكنات تشغيل المعادن (مقاشط ، مثاقب ، مخارط ، آلات تفريز وتجليخ) وبالمكابس ومقصات الصاج لقص المعادن ، واجهزة اللحام الكهربائى والغازى ، والعدد الكهربائية والنبائط العامة والخاصة .

وفى اقسام اللف والتشريب والتجفيف يجرى اصلاح الملفات المعطوبة وتحضير اخرى جديدة للمكنات الكهربائية ومحولات القدرة ، وكذلك تحضير وشائع المغناطيسات الكهربائية ، ثم تشرب وتجفف ، ويجرى تجديد عزل اسلاك اللف لاستعمالها ثانية . ويجب ان يزود قسم اللف بمكنات لتنظيف وعزل الاسلاك ، وبمكنات لف لتحضير الملفات ، وبمقصات صاج لقص العوازل ، ونبائط لتحضير وتشكيل القطع العازلة ، وادوات لحام لتوصيل اسلاك الملفات ، ومكنات لتربيط الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكنات الكهربائية ، ومكنات لتصنيع الاسافين الحشبية وغير ذلك. وبالاضافة الى ذلك ، فان ورشة اللف يجب ان تزود بوحدة تجريب غير كبيرة لاجراء الاختبار والفحص المرحلى لعوازل القطاعات الجارى تحضيرها وعوازل الوشائع والملفات ، وكذلك تزود بأجهزة لمراقبة صحة التجميع والتوصيلات لمختلف مخططات الملفات .

وفى الحالات الضرورية يجهز فى قسم اللف مبنى خاص يوضع فيه فرن لتلدين الاسلاك ، وحوض لتنميشها ومحايدتها بعد التنميش ، ومكنة لسحب وتعيير اقطار الاسلاك . ويجب ان يزود هذا المبنى بوسائط ووحدات للاطفاء ووسائل وقاية خاصة .

ويجهز قسم التشريب والتجفيف باحواض لتشريب الملفات ، وبخزائن لتجفيف وشوى الملفات ، وباواعى للحفظ المأمون للك والمواد الحالة بالكميات اللازمة لمدة لا تزيد عن يوم واحد . وتستخدم وحدات خاصة ووسائط النقل والرفع عند نقل الملفات الثقيلة والكبيرة الحجم .

وفى قسم التجميع الاولى ، ترد الاجزاء بعد تصليحها ، وهناك يجرى تجميع وحدات المعدات الكهربائية وتكميلها بما ينقصها من الاجزاء . وترسل بعدئذ ، الوحدات المجهزة والكاملة بعد فحصها الى قسم التجميع النهائى . ويجب ان يزود قسم التجميع الاولى (التكميل) بالرفوف والطاولات والادوات اللازمة والنبائط .

وفى قسم التجميع يجرى تجميع الوحدات والتجميع العام للمعدات الكهربائية التى تم اصلاحها . ويزود قسم التجميع بشكل مشابه لقسم الفك مع توفر معدات اضافية ونبائط وادوات من اجل التوازن الاستاتى والدينامى للأعضاء الدوارة فى المحركات الكهربائية واعضاء الانتاج فى المكنات الكهربائية .

وعند القيام باصلاح المعدات الكهربائية ، غالبا ما تظهر الحاجة لاعمال اللحام الكهربائى والغازى واعمال الحدادة والكبس والدهان ، التى تنفذ فى اقسام ورشة الاصلاح التى يجب ان تكون مزودة بكل ما يلزم من المواد والادوات .

وفى محطة التجريب يتم اختبار الاجزاء والوحدات والتصاميم الجديدة المخصصة لتبديل الاجزاء والوحدات العاطلة ، وكذلك تجرى اختبارات نهائية كهربائية وميكانيكية بعد انتهاء الاصلاح . ويجب ان تزود محطة التجريب بقواعد ووحدات اختبار كهربائية عالية الفلطية ، ومختلف اجهزة القياس والمراقبة ، ووسائط الوقاية اللازمة .

يجب ان تحتوى ورشة الاصلاح على غرف مساحتها الانتاجية محسوبة على كمية المعدات الكهربائية ووزنها وابعادها ، وعلى مستودعات لتخزين موجودات الاصلاح والمعدات التى تم اصلاحها ، ومستودعات المواد والعدد ، ومكاتب خدمات مساعدة ، وكذلك المبانى التى يتحدد عددها وقياسها والغاية منها فى كل حالة معينة حسب التكنولوجيا المعتمدة وظروف تنفيذ اعمال الاصلاح .

وعند تحديد بنية الاقسام الانتاجية والتزود اللازم بالمعدات لورشات

الاصلاح الكهربائى ، هناك تعار اهمية كبيرة للمخططات التكنولوجية للاصلاح ، ولمنظومة القيادة فى المنشأة .

وكمثال على ذلك ، فالشكل ٨١ يبين أكثر المخططات التكنولوجية انتشارا فى مجال اصلاح المكنات الكهربائية ومحولات القدرة ، التى تعادل القسم الاعظمى فى مجمل حجم المعدات الكهربائية الجارى اصلاحها .

البند ٣٠ — الانواع الاساسية للمعدات الخاصة لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات

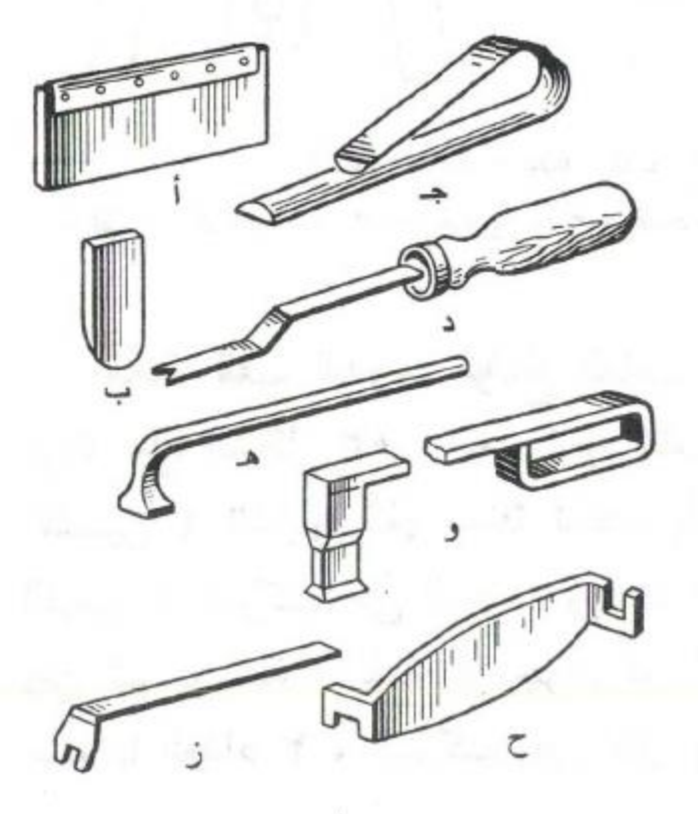
يمكن تقسيم المعدات الخاصة المستخدمة فى اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ، بشكل شرطى الى المجموعات الثلاثة التالية :

— معدات خاصة تستخدم فقط لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية ؛

— معدات خاصة تستخدم فقط لاصلاح ملفات محولات القدرة ؛

— معدات خاصة تستخدم لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية وملفات محولات القدرة أيضا .

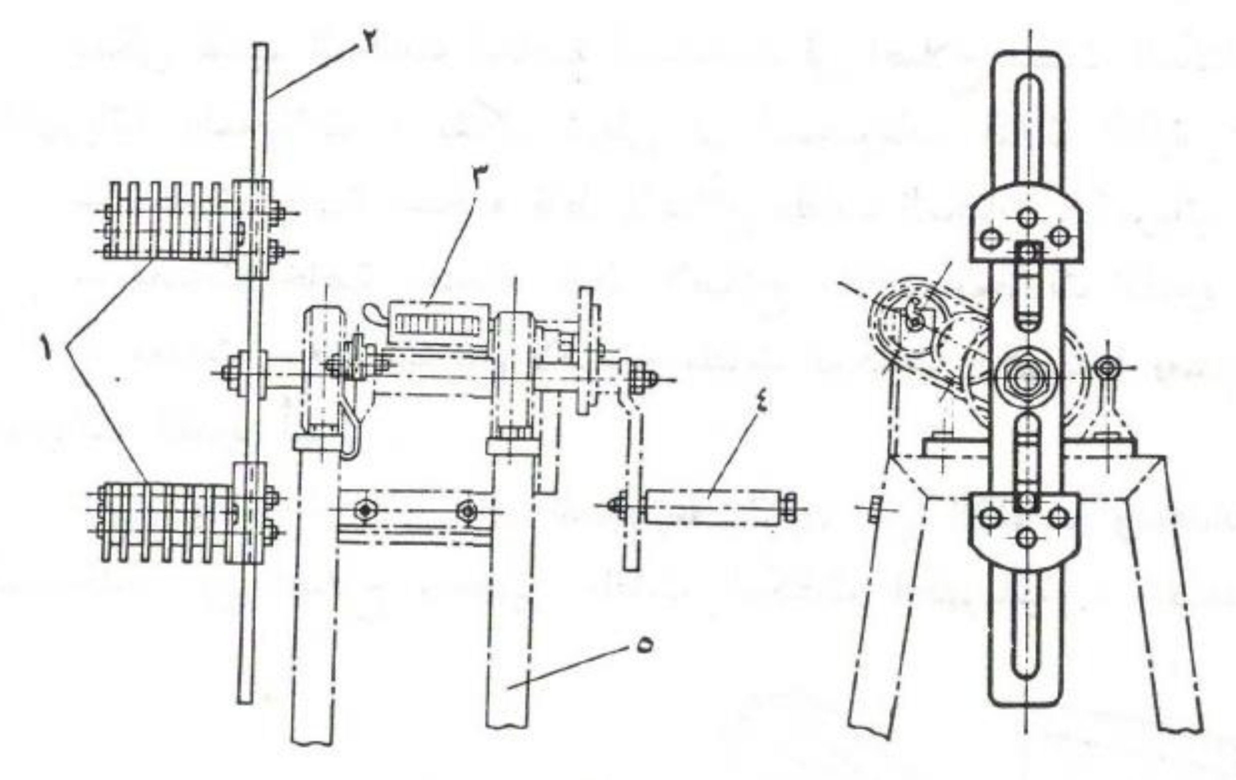
تنتمى بالدرجة الاولى الى المجموعة الاولى من الادوات والمعدات المستخدمة فى اصلاح وتحضير ملفات المكنات الكهربائية ، الاطقم



الشكل ٨٢ — طاقم ادرات عامل اللف : أ — صفيحة من الفيبر ، ب — لسان من الفيبر ، جـ — اسفين عكسى ، د — سكين زاوى ، هـ — نازعة ، و — مطرقة صغيرة ز ، ح — مفاتيح لثنى قضبان الاعضاء الدوارة

الخاصة لعدد عامل اللف ، ومكنات لف وعزل الوشائع ، ونبائط ثنى قضبان ملفات الاعضاء الدوارة ، وتصنيع الاسافين وغيرها من المعدات التى سوف ندرس تركيبها ادناه .

الطاقم الخاص لعدد عامل اللف (الشكل ٨٢) ، يستخدم لانجاز اعمال لف الملفات للاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج ، وعلى وجه الخصوص لوضع الاسلاك ورصها فى المجارى ، وقص العازل البارز من المجرى ، وثنى القضبان النحاسية لملفات الاعضاء الدوارة وغير ذلك .



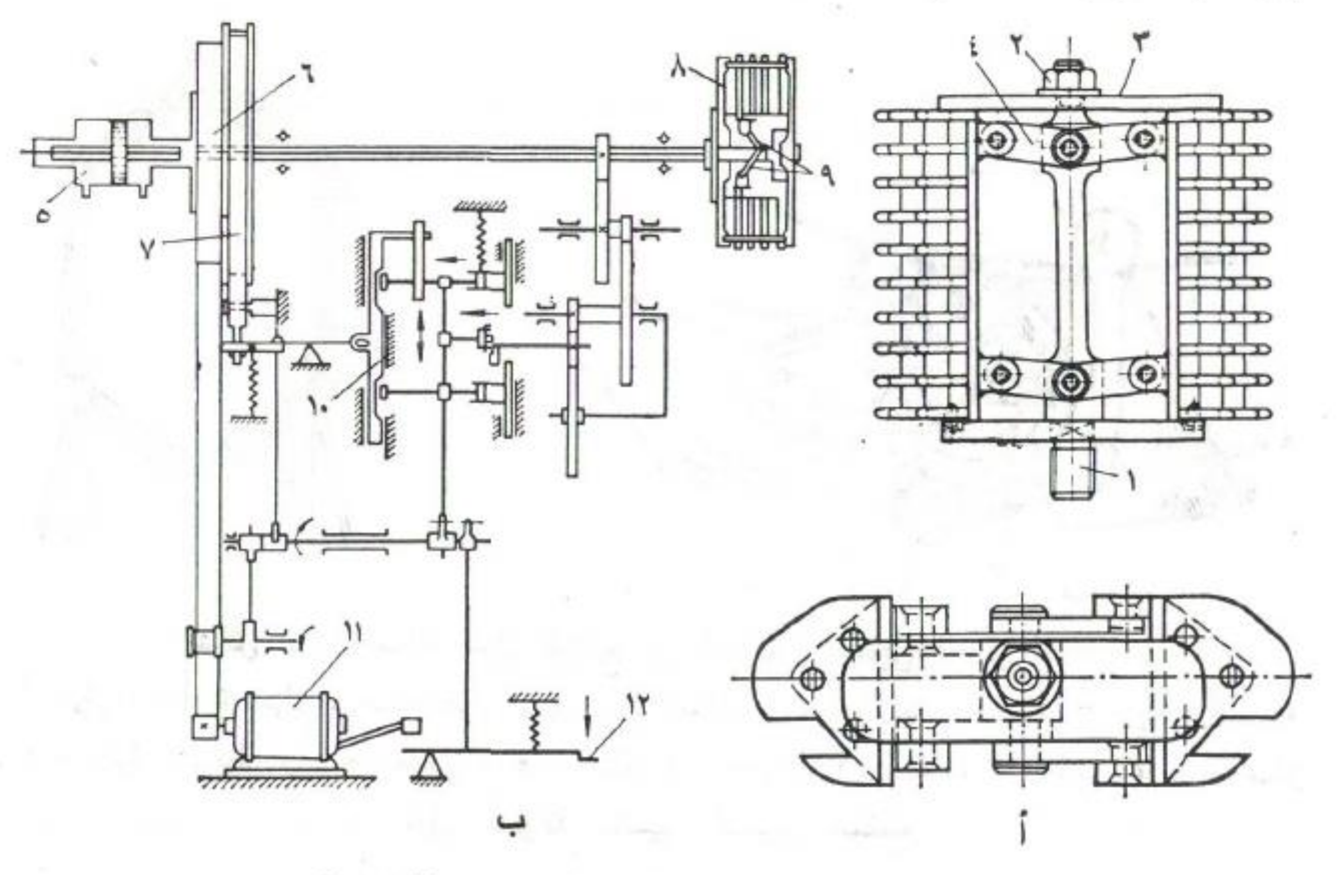
الشكل ٨٣ – مكنة للف اليدوى لوشائع :
١ – لقمتا الشابلون ، ٢ – القرص ، ٣ – عداد الدورات ، ٤ – القبضة ، ٥ – الفرش

مكنة للف اليدوى لوشائع الملف الذى يتم ادخاله فى المجارى ، مبينة على الشكل ٨٣ . ومن اجل اللف على هذه المكنة يتم مسبقا ابعاد اللقمتين ١ للشابلون الى مسافة تتحدد بأبعاد الوشيعة ، وتثبيتهما فى مجارى القرص ٢ المركب على العمود . ويثبت احد طرفى سلك اللف على الشابلون ، ومن ثم بواسطة القبضة ٤ يجرى لف العدد المطلوب من اللفات ، التى يسجلها العداد ٣ ، المركب على اطار المكنة والعمود المرتبط معه .

13—1031

غير أن مكنات اللف الممكنن للملفات تعتبر أفضل منها ذلك لانها تسمح باسراع عملية لف المجموعة الوشائعية .

مكنة اللف الممكنن ، التى يبين مخططها المبدئى على الشكل ٨٤ ، مزودة بالشابلون المفصلى ٨، وكذلك بأجهزة تحريك ميكانيكية او كهربائية

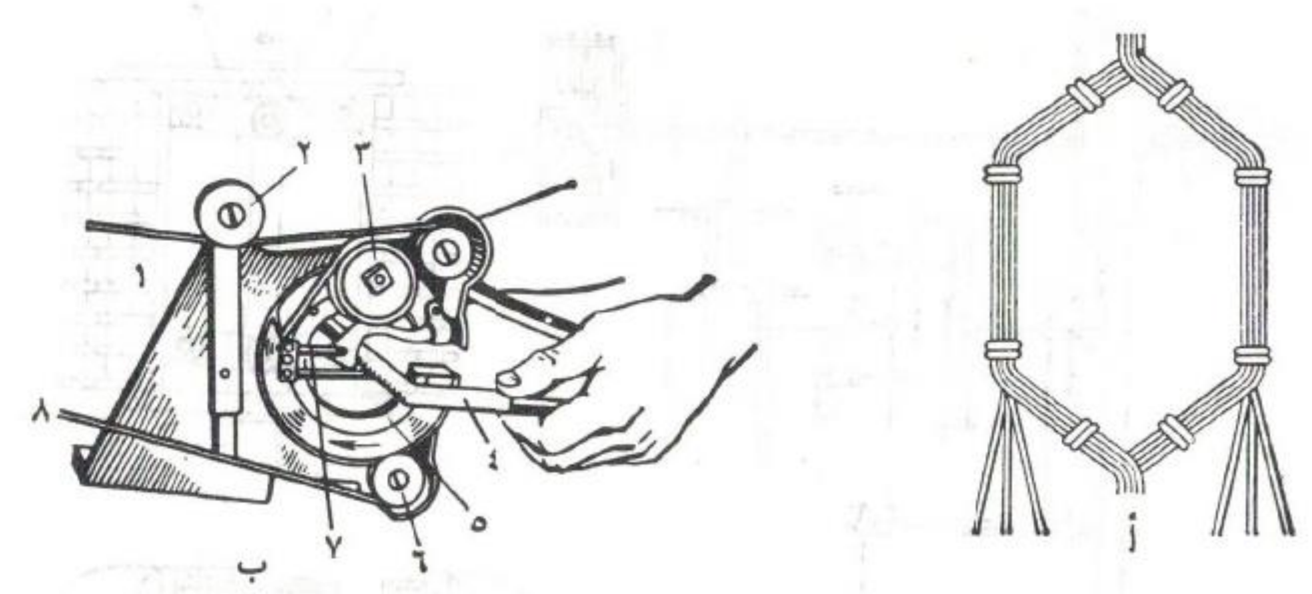


الشكل ٨٤ – مكنة للف الممكنن للمجموعات الوشائعية :
أ – شابلون متمفصل ، ب – المخطط الحركى لجهاز التحريك الميكانيكى ؛ ١ – شياق ، ٢ – صامولة الشد ، ٣ – صفيحة التثبيت ، ٤ – صفيحة متمفصلة ، ٥ – اسطوانة بنيوماتية ، ٦ – جهاز نقل الحركة بالسيور ، ٧ – فرملة شريطية ، ٨ – شابلون ، ٩ – آلية متمفصلة للشابلون ، ١٠ – آلية تعشيق الايقاف الاوتوماتى للمكنة ، ١١ – محرك كهربائى ، ١٢ – دواسة تشغيل المكنة

تسمح باللف المتتابع لجميع الوشائع الموجودة فى المجموعة الوشائعية الواحدة او فى الطور كله .

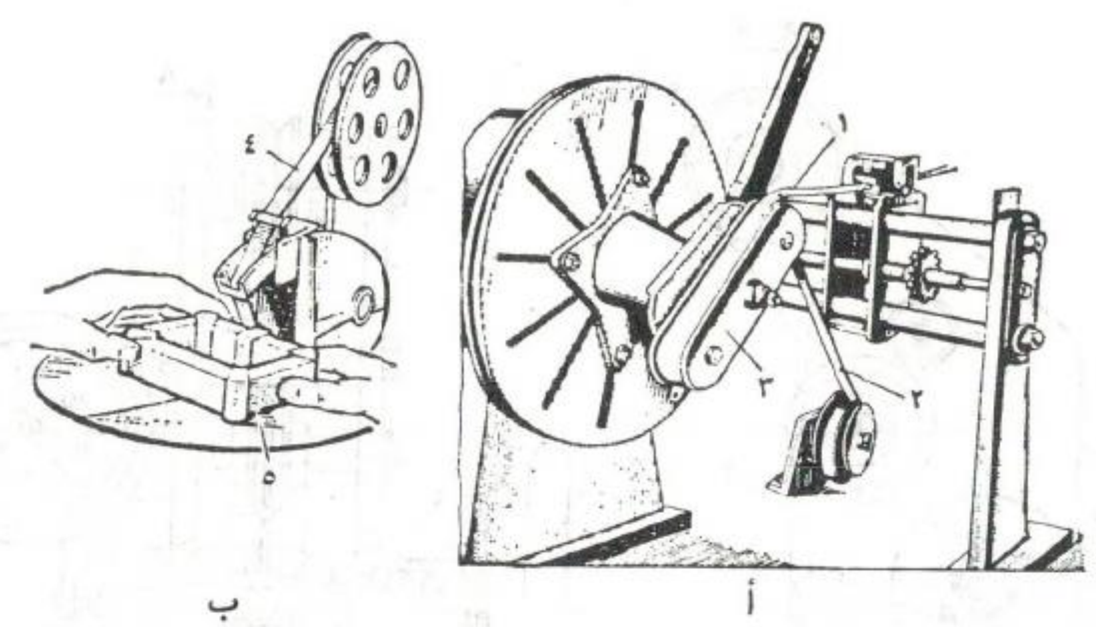
فمن اجل لف المجموعة الوشائعية على الشابلون المفصلى المزود بجهاز تحريك ميكانيكى ، يتم ادخال طرف السلك فى الشابلون ٨ ثم تشغيل المكنة ، وبعد ان نلف الكمية المطلوبة من اللفات ، تتوقف المكنة اوتوماتيا . ولنزع المجموعة الوشائعية الملفوفة ، فقد تم تزويد المكنة باسطوانة

بنيوماتية ٥ ، تؤثر عن طريق سيخ مار عبر عمود الدوران الاجوف ، على الآلية المفصلية ٩ للشابلون . وعندئذ يتحرك رأس الشابلون نحو المركز ، وتنزع المجموعة المنحررة بسهولة عن الشابلون ، ثم توضع المجموعة الوشائعية الجاهزة فى المجارى .



الشكل ٨٥ – مكنة لعزل الوشائع فى الملف الشابلونى لعضو الانتاج :
أ – وشيعة جاهزة للعزل ، ب – عزل الوشيعة على المكنة ؛ ١ – شريط العزل ، ٢ – بكرة الشد ، ٣ – بكرة الشريط ، ٤ – مصدم ، ٥ – حلقة ، ٦ – بكرة التوجيه ، ٧ – فرش ، ٨ – جهاز نقل الحركة بالسير الدائرى المقطع

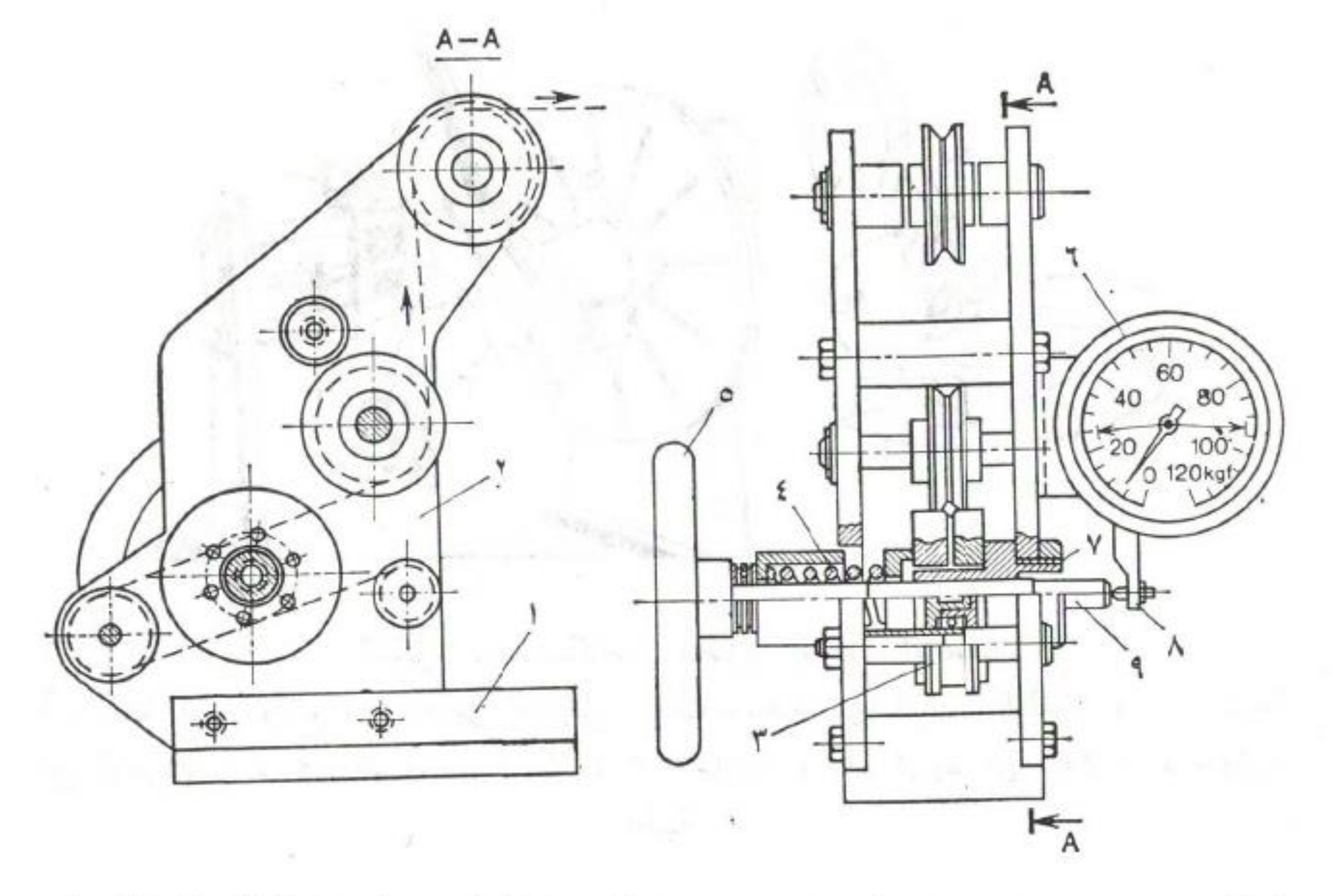
مكنة لعزل وشائع الملف الشابلونى (الشكل ٨٥) ، تتألف من بكرة الشد ٢ ، والبكرة ٣ مع الشريط العازل ١ ، والمسند ٤ ، والحلقة الدوارة ٥ وبكرات التوجيه ٦ المثبتة على الفرش ٧ . وتدار المكنة بواسطة محرك كهربائى قدرته ٠,٦ كيلوواط ، مزود بجهاز نقل حركة بالسيور الدائرية المقطع ٨ . فبعد وضع الوشيعة المراد عزلها فى المكنة حتى تصطدم بالمسند ، يتم تشغيل المحرك الكهربائى الذى يدوّر الحلقة مع البكرة ٣ المثبتة عليها . فتتحرك البكرة حول الوشيعة (حسب مقطعها) وتلف عليها الشريط العازل . وبقصد العزل المنتظم لكامل سطح الوشيعة ، يتم تحريكها ببطء من اليسار نحو اليمين على المسند الثابت ٤ . ثم تشرب الوشيعة المعزولة وتجفف ، وبعد ذلك توضع فى مجارى قلب عضو الانتاج ، وتثبت فيها بواسطة أسافين خشبية .



الشكل ٨٦ – مكنات لتصنيع وشائع الاقطاب :
أ – مكنة للف الوشائع من النحاس الشريطى ، ب – مكنة لعزل الوشيعة الملفوفة ؛ ١ – شريط من الاسبستوس ، ٢ – شريط من الميكا ، ٣ – شابلون ، ٤ – شريط من التفتا ، ٥ – وشيعة قطبية

ويبين الشكل ٨٦ **مكنات للف وعزل وشائع الأقطاب الرئيسية للمكنات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر** . وتنفذ عملية لف وشائع الاقطاب الرئيسية حسب التسلسل التالى : يعزل يدويا الهيكل او الشابلون على ارتفاعه بعدة طبقات من المادة العازلة ، مثلا بالميكافول ، ومن ثم تثبت عليه الصفيحة الخارجة المعزولة بنسيج مشرب باللك ، والملحومة بلحام المونة على بداية سلك اللف . ثم يوضع الهيكل (الشابلون) على المكنة وتلف الوشيعة ، وعندئذ نراقب ضرورة توضع السلك بانتظام بدون خلوصات وانتقالات عبر اللفات . وقبل لف الطبقة الاخيرة من السلك على الهيكل توضع الصفيحة الخارجة الثانية ، التى يلحم معها الطرف الآخر للوشيعة بالمونة ПОС-40 . ثم تجفف الوشيعة الملفوفة وتشرب ، ومن ثم تغطى باللك وتجفف بالهواء لمدة ١٠ — ١٢ ساعة ، ثم تركب الوشيعة الجاهزة على القطب وتثبت باسافين خشبية .

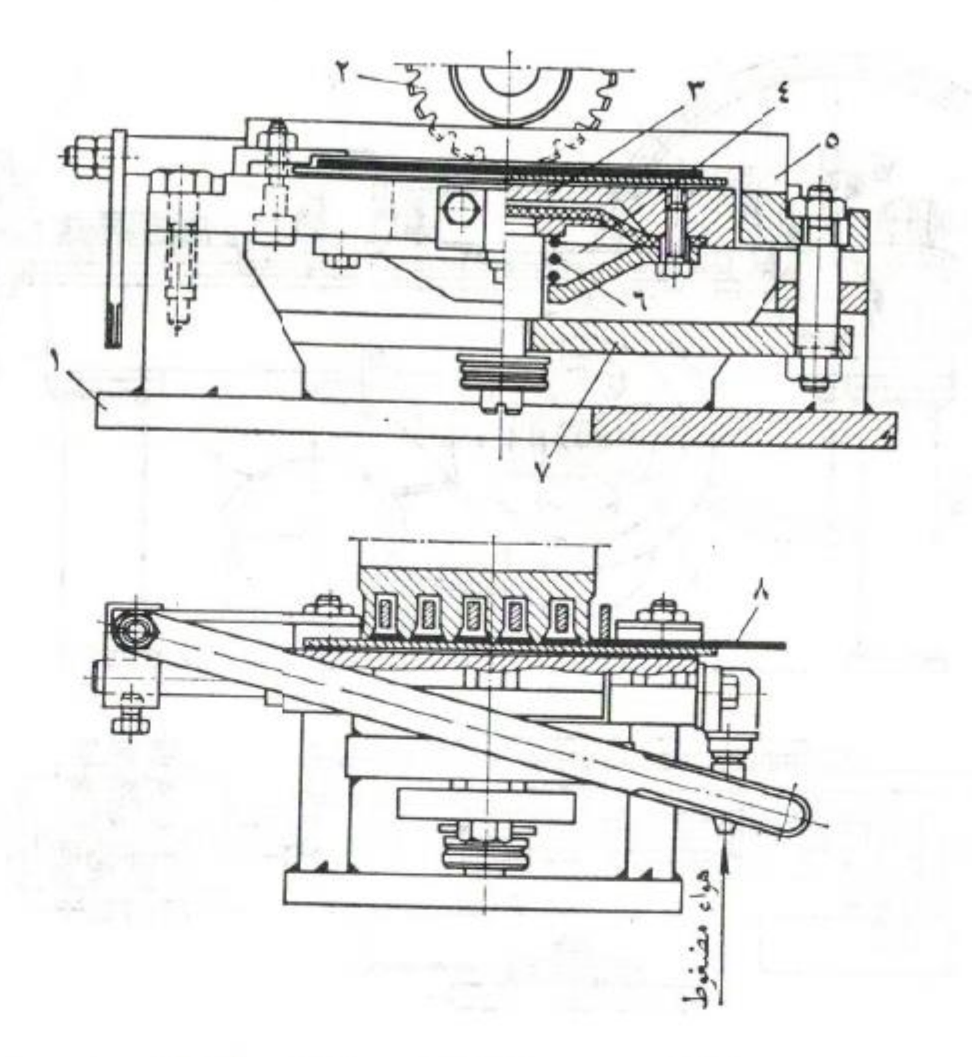
تجهيزة لشد سلك التربيط ، وهى تستخدم لتربيط الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج للمكنات الكهربائية (الشكل ٨٧) وهى من تصميم مصنع «الكتروسيلا» ، وهى تتألف من الاقسام الاساسية التالية : القاعدة ١ ، والفرش القابل للفك والمؤلف من قطعتين ٢ ، وآلية الشد المؤلفة من دولاب



الشكل ٨٧ – تجهيزة لشد سلك التربيط عند تربيط الاعضاء الدوارة ، واعضاء الانتاج فى المكنات الكهربائية :
١ – قاعدة ، ٢ – جانب الفرش القابل للفك ، ٣ – قرص ؛ ٤ – نابض ، ٥ – عجلة قيادة ، ٦ – مقياس الجهد ، ٧ – صامولة ، ٨ – ذراع مقياس الجهد ، ٩ – طرف اللولب الدودى

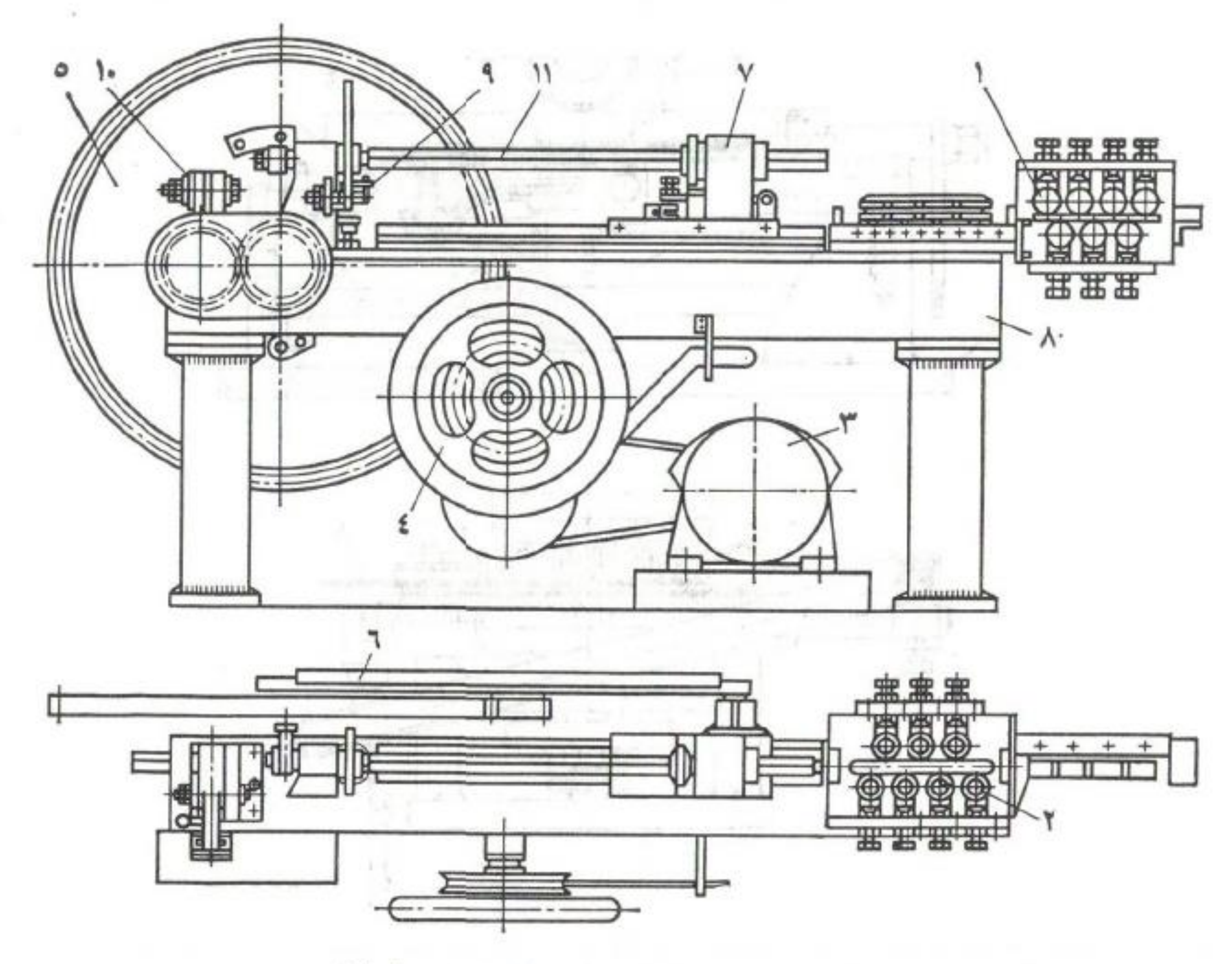
القيادة ٥ المثبت بجساءة بالبرغى ٩ والصامولة الثابتة ٧ ، والنابض ٤ وقرصا الشد ٣ ، حيث يتفرمل السلك بينهما . ويتم ادخال سلك التربيط عبر منظومة البكرات (انظر الخطوط المتقطعة على الشكل) ، ثم يشد بواسطة دولاب القيادة بين القرصين اللذين لا يدوران ، وانما يتحركان بحرية بالنسبة لبعضهما البعض . ويتعلق شد السلك الذى يولده القرصان بقوة الضغط المؤثرة عليهما من قبل النابض . وبتحريك البرغى يتم التأثير على مصدم الذراع الناقل ٨ لمقياس الجهد ٦ ، الذى يبين سهمه مقدار الجهد الضاغط ، اى شد السلك .

وتستخدم المكنة СПК-5 (الشكل ٨٨) لتحضير الاسافين المصنوعة من الخشب (البلوط والباتولا وغيرهما) او من المواد العازلة (فيبر ، تكستوليت ، جيتيناكس) ذات الابعاد المختلفة ، لاستخدامها فى مجارى الاعضاء



الشكل ٨٨ – مكنة لتصنيع اسافين المجارى :
١ – هيكل ، ٢ – سكينة تفريز ، ٣ و ٧ – الصفيحتان (البلاطتان) العلوية والسفلية ، ٤ – الحجرة الرقية ، ٥ – المشط ، ٦ – نابض الارجاع ، ٨ – الغفل

الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج للمكنات الكهربائية . وتعمل هذه المكنة حسب الطريقة التالية : يتم ادخال الغفل ٨ تحت المشط ٥ ، ومن ثم يعطى الهواء المضغوط بتدوير القبضة ، فيؤثر على الحجاب الرقى وعلى مجموعة الاذرع ، فينخفض المشط على الغفل . ثم يقطع الغفل اثناء الحركة الميكانيكية الطولانية لطاولة مكنة التفريز بالنسبة لسكينة التفريز الدوارة ٢ . وخلال كل شوط واحد للطاولة تقص خمسة اسافين تتعلق ابعادها واشكالها بشكل وابعاد الاجزاء القاطعة لسكينة التفريز ، وكذلك تتعلق بارتفاع الطاولة بالنسبة للسكينة . وعند خروج السكينة من مجارى المشط تعود الى وضعها الاولى تحت تأثير النابض ٦ .



الشكل ٨٩ – مكنة لتصنيع القضبان النحاسية للملفات

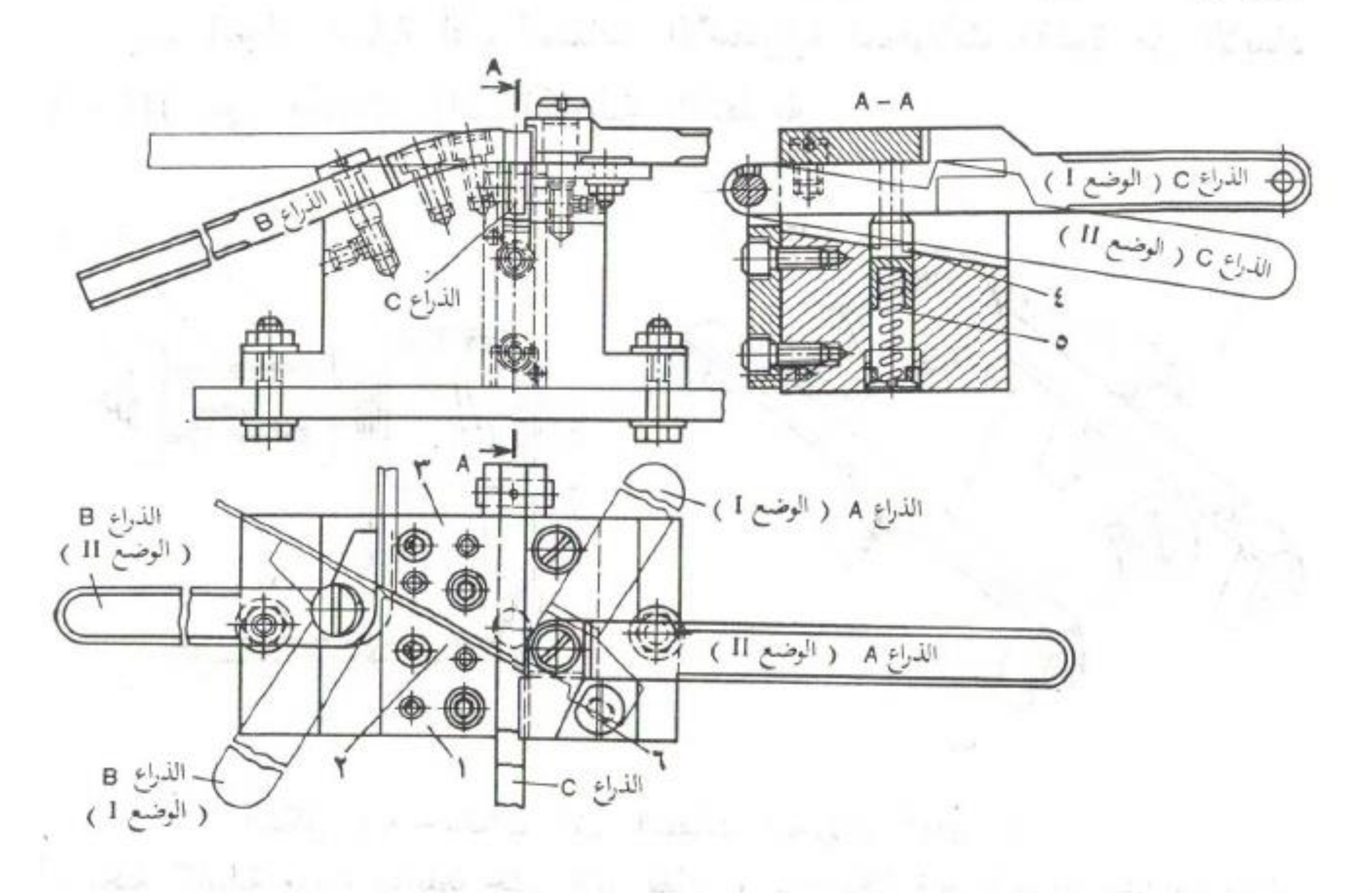
المكنة النصف أوتوماتية من انتاج المصنع «دينامو» (الشكل ٨٩) ، تستخدم للقص المنتظم لاغفال القضبان من الاسياخ والشرائط النحاسية الواردة عادة بشكل ملفوف على بكرات .

تركب البكرة على تجهيزة السحب فى المكنة ، وتوضع نهاية السيخ او الشريط بين البكرتين ١ و ٢ لتقويم السيخ فى المستويين الافقى والرأسى (الشاقولى) . وتدار المكنة من قبل محرك كهربائى ٣ ، يقوم عن طريق مخفض يعمل بالتروس ٤ ، بتدوير العجلة المسننة ٥ . ويمكن تغيير موضع اصبع آلية ذراع التوصيل ٦ ، فى المجرى القطرى للعجلة ٥ ، وذلك تبعا للطول اللازم للقضيب المقصوص فى حدود تتراوح من ٣٠٠ حتى ٨٠٠ مم .

عند عمل المكنة يتم القبض على طرف السيخ بواسطة الممسك الذى يثبت على المزلاق ٧ ، المتحرك على موجهات الفرش ٨ . وفى نهاية شوط المزلاق يتحرر السيخ ويكمش بالشفتين ٩ ، الواقعتين بالقرب من السكينة

١٠ ، التى تقطع القضيب النحاسى حسب الطول المطلوب . وتدار شفتا الممسك ٩ بتحريك الساعد ١١ .

تعمل هذه المكنة بشكل نصف اوتوماتى . ويقوم العمل بادخال طرف السيخ فى مشد المزلاق ، ويحدد وضع اصبع آلية ذراع التوصيل تبعا لطول القضبان المراد قصها ، ويبدأ بتشغيل المكنة . وتنفذ باقى العمليات بشكل اوتوماتى ، حتى تستهلك بكرة النحاس بكاملها .

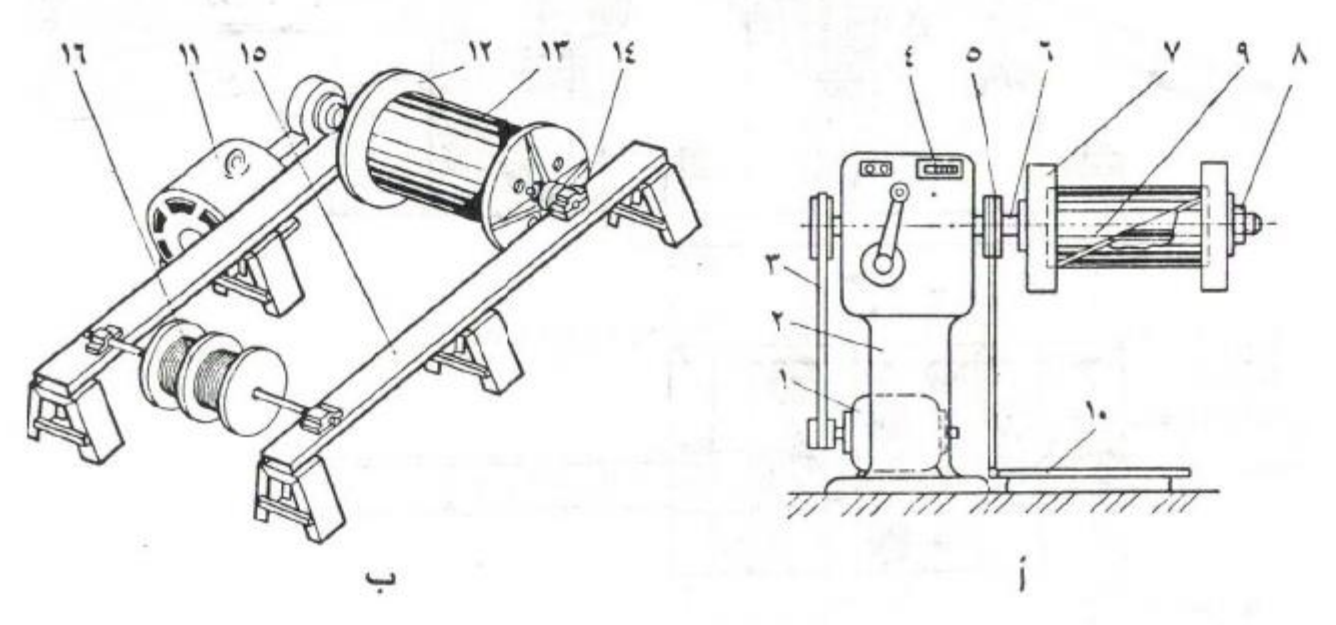


نبيطة لثنى القضبان (الشكل ٩٠) . هى عبارة عن تجهيزة بسيطة التصميم ، مؤلفة من بلاطتين ومجموعة من الاذرع . وينفذ ثنى القضبان فى هذه النبيطة حسب التسلسل التالى : يوضع القضيب فى الشق ٢ ، الذى يتشكل بين البلاطتين ١ و ٣ ، حتى يصل للمصدم ٦ ، ومن ثم يثنى طرف هذا القضيب بالزاوية المعطاة ، وذلك بتدوير الذراع *A* من الوضع I الى الوضع II . ومن ثم يثنى القضيب بالزاوية الثانية بواسطة تدوير الذراع *B* من الوضع I الى الوضع II ، ويعاد الذراعان *A* و *B* الى وضعهما الاولى ،

وينزع القضيب المثنى من النبيطة . اما عودة الذراع B الى وضعه الاصلى فتجرى بواسطة الدافع ٤ الذى يعمل تحت تأثير النابض ٥ .

وتنتمى الى **المجموعة الثانية للمعدات** المستخدمة عند اصلاح وتحضير ملفات المحولات ، مكنات لف الملفات الاسطوانية ، ومكنات تحضير العوازل للمحولات ، ووضع التغطية العازلة على الصفائح الفولاذية للموصل المغناطيسى ، وغيرها من المعدات التى سندرس تركيبها ادناه .

يتم انجاز عملية لف الملفات الاسطوانية لمحولات القدرة من الابعاد I – III على مكنات اللف الكابولية والقنطرية .



الشكل ٩١ – مكنات للف الملفات لمحولات القدرة :
أ – مكنة كابولية مزودة بشابلون خشبى قابل للفك ، ب – مكنة قنطرية مزودة بشابلون فولاذي قابل للفك ؛ ١ – محرك كهربائى ، ٢ – فرش ، ٣ – جهاز نقل الحركة بالسير ، ٤ – عداد ، ٥ – قارنة وصل ، ٦ – عمود الدوران ، ٧ – قرص من التكستوليت ، ٨ – صامولة ، ٩ – اسافين الشابلون ، ١٠ – دواسة ، ١١ – محرك كهربائى مع مخفض ، ١٢ – قرص فولاذى ، ١٣ – شابلون قابل للفك ، ١٤ – مدرجة خشبية قابلة للفك ، ١٥ – تصميم استنادى ، ١٦ – طنبور سلك اللف

مكنة اللف الكابولية (الشكل ٩١ ، أ) مخصصة للف الملفات الاسطوانية للمحولات التى تصل قدرتها (استطاعتها) الى ٦٣٠ كيلوفولط أمبير . وفيها يركب المحرك الكهربائى ١ ضمن الفرش ٢ لمكنة اللف ، اما الشابلون المثبت على عمود الدوران فى المكنة ، فهو عبارة عن اسفينين خشبيين ٩

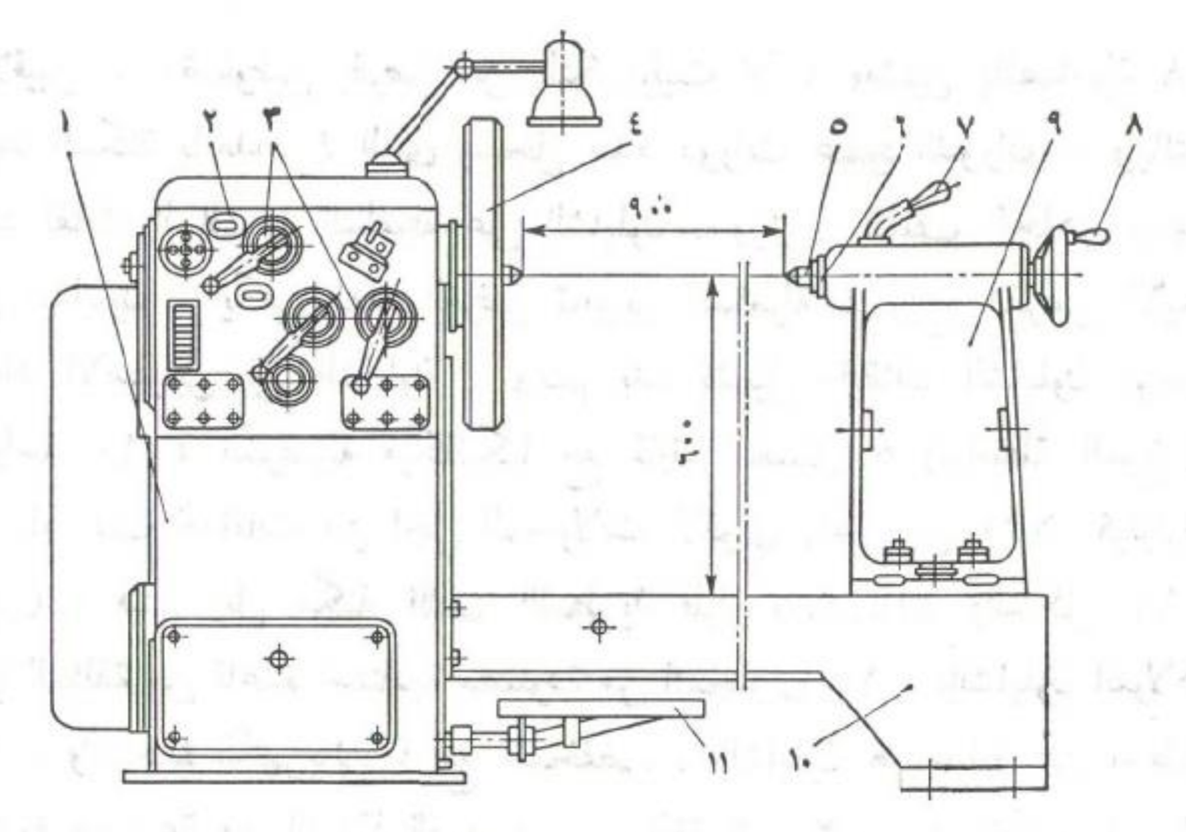
متلاقيين ، مضغوطين بقرص من التكستوليت ٧ ، ومثبتين بالصامولة ٨ . وتزود المكنة بالعداد ٤ الذى يسجل عدد دورات عمود الدوران ، وبالتالى عدد لفات السلك ، الملفوفة على الشابلون . وينزع الملف الجاهز بسهولة عن الشابلون : يكفى لهذا الغرض تحرير الصامولة ، ونزع القرص الايمن وابعاد الاسفينين فى الشابلون . ويتم بدء تشغيل وايقاف الشابلون بواسطة الدواسة ١٠ ، الموصولة ميكانيكيا مع قارنة التعشيق ٥ (بواسطة السيخ) .

اما لف الملفات من اجل المحولات الاقوى (اعلى من ٦٣٠ كيلوفولط أمبير) ، فيتم على **مكنة اللف القنطرية** طراز KHC-200 (الشكل ٩١ ، ب) المؤلفة من قاعدة استنادية مصنوعة من المجارى ١٥ ، والشابلون الفولاذى ١٣ ، والمحرك الكهربائى ١ مع المخفض . والشابلون هو عبارة عن اسطوانة محززة مصنوعة من الفولاذ الصفيحى بسماكة ٢ — ٣ مم ، وتوضع فى شق الاسطوانة صفيحة خشبية ثم تثبت هناك . وبعد ازالة هذه الصفيحة عند الانتهاء من عملية اللف ، من السهل نزع الملف الجاهز عن الشابلون . وتوجد عدة شقوق قطرية فى الاقراص الفولاذية ، لها شكل بيضوى ، تبعد مسافات متساوية عن بعضها البعض . وتوضع فى هذه الشقوق حدبات تصلح لتثبيت الشابلونات عليها ، وتوجد فى الاقراص ايضا حفرات لتثبيت تساميك تحديد المسافة عليها . وان بنية الاقراص (وجود الحفرات وامكانية تثبيت الحدبات فيها) تسمح باللف على هذه المكنة لملفات مختلفة الاقطار ، وذلك بتركيب الشابلونات المناسبة على الاقراص .

اما لف الملفات الحلزونية للمحولات من القياس I — III ، فيفضل القيام به على احدى مكنات اللف من السلسلة TT .

مكنة اللف TT-21 (الشكل ٩٢) تتألف من الغراب الامامى ١ المزود بقبضات التحويل ٣ ، والصينية الدوارة ٤ ، والغراب الخلفى ٩ المركب على الفرش ١٠ ، وجهاز التحريك والدواسة ١١ لبدء تشغيل المكنة .

وعند تشغيل المكنة تنتقل الحركة الدورانية من المحرك الكهربائى الى الصينية الدوارة ٤ عن طريق جهاز نقل الحركة بالسير الاسفينى ، ومجموعة من العجلات المسننة لعلبة السرعات . ويتم تغيير عدد دورات عمود الدوران

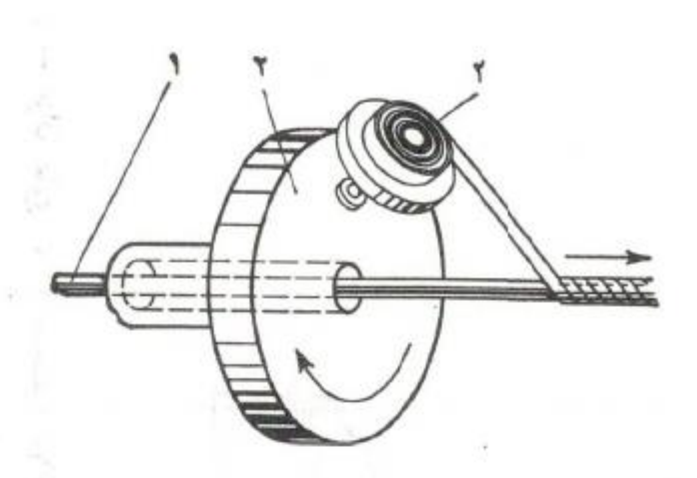


الشكل ٩٢ – مكنة اللف طراز TT-21:
١ – الغراب الامامى ، ٢ – فتحة المراقبة ، ٣ – قبضات تحويل عدد الدورات ، ٤ – صينية دوارة ، ٥ – مركز دوار ، ٦ – ذنبة ، ٧ – قبضة تثبيت الذنبة ، ٨ – دولاب تحريك الذنبة ، ٩ – الغراب الخلفى ، ١٠ – الفرش (البلاطة) ، ١١ – فاصل بشكل دواسة

بواسطة القبضات ٣ ، حيث تقوم احداها فى الوضع المحايد بالسماح بتدوير الصينية الدوارة للزاوية المطلوبة . ويتحدد وضع الغراب الخلفى ٩ على الفرش ١٠ ، ويتألف الغراب من الجسم والذنبة ٦ التى يوضع فى داخلها المركز الدوار ٥ ، ومن الدولاب ٨ المخصص لتحريك الذنبة ، ومن القبضة ٧ المخصصة لتثبيت الذنبة . وتوجد على الفرش مجار بشكل T لتحريك الغراب الخلفى وتثبيته عليها . ويعادل قطر الصينية الدوارة ٦٢٠ مم ، وعدد الدورات من ١٦ الى ١٦٠ دورة / دقيقة ، والقطر الاعظمى للملف يصل حتى ١٠٠٠ مم .

وتنتمى الى **المجموعة الثالثة للمعدات** (عدد ، نبائط ، تجهيزات ، مكنات) المستخدمة لتحضير الملفات ، التجهيزات الخاصة بوضع العازل المستمر على اسلاك اللف ، التى تدخل ضمن مكنات العزل والضفر ، ومكنات الضفر والطلاء باللك ، ومكنات تنظيف الاسلاك القديمة وتحضير العوازل ،

ونبائط من اجل لحام الاسلاك بالمونة، وكذلك مختلف التجهيزات الاخرى التى سيرد شرحها المختصر ادناه .

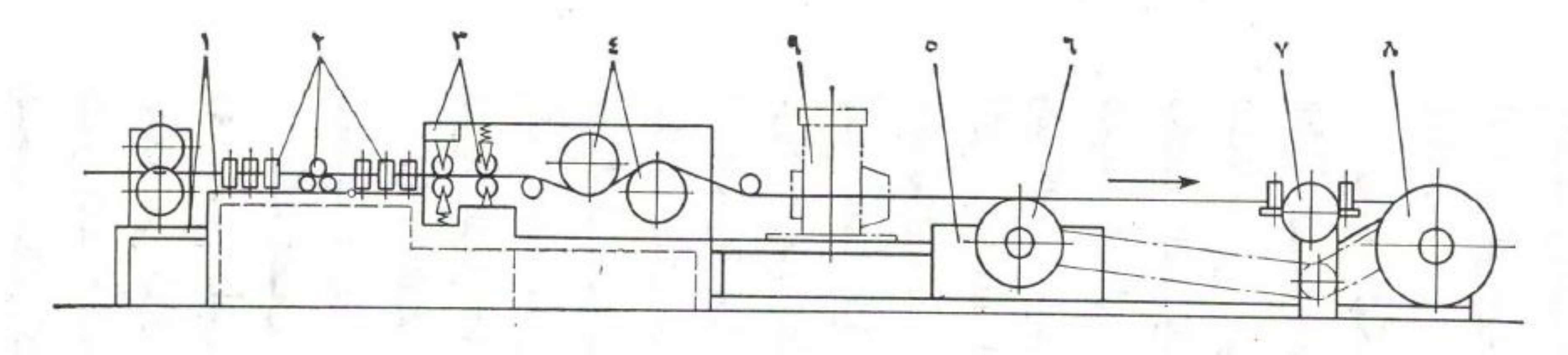


الشكل ٩٣ – لفاف ميكانيكى : ١ – سلك اللف ، ٢ – قرص ، ٣ – بكرة الشريط العازل

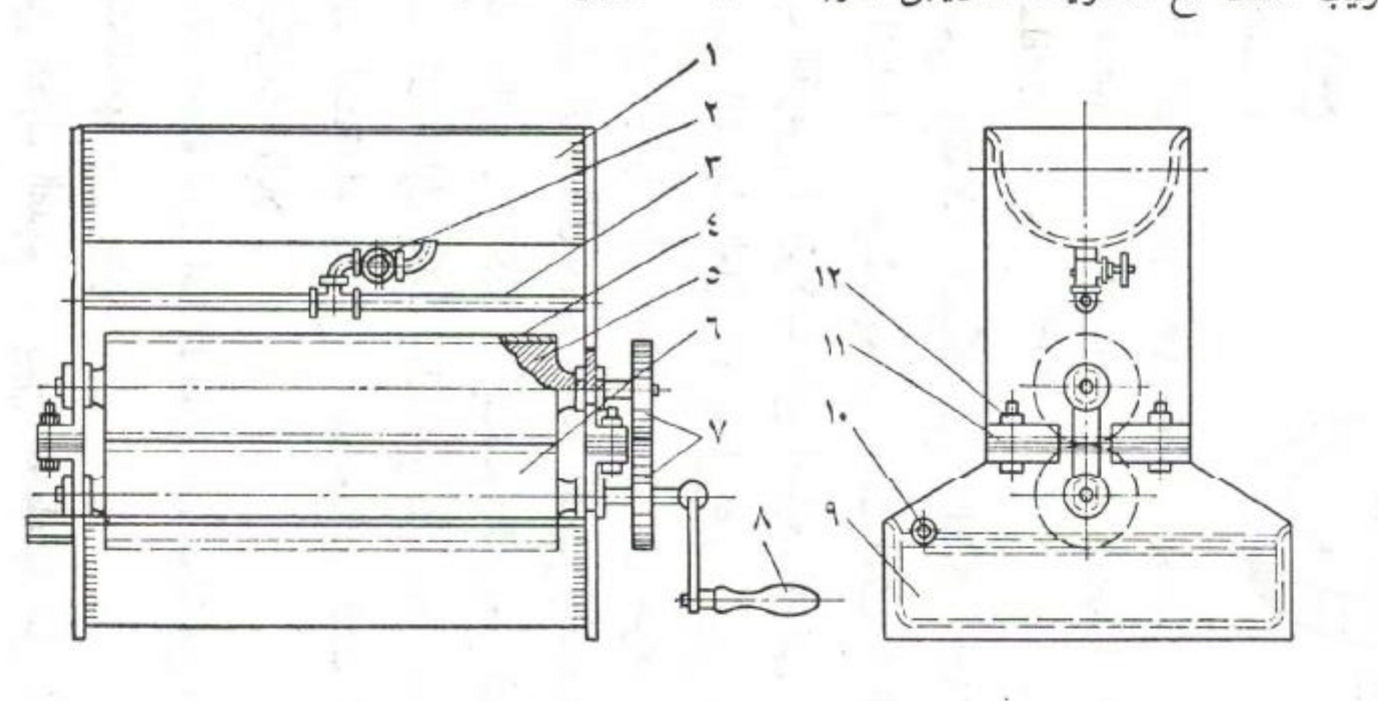
تجهيزة لمكننة عملية وضع العازل المستمر على سلك اللف ، تستخدم فى انواع عديدة من مكنات اللف والضفر ، المخصصة لتنفيذ اعمال العزل للملفات والهياكل . ويعتبر ما يسمى باللفاف الميكانيكى (الشكل ٩٣) احد أكثر انواع هذه التجهيزات انتشارا ، حيث يمرر سلك اللف ١ الواجب عزله بعازل مستمر ، فى ثقب القرص ٢ وتركب على اصابع القرص طنابير توضع عليها بكرة او بكرتان من الشريط العازل ٣ بميل غير كبير . فعند دوران القرص يلتف الشريط من البكرة على السلك ، وتتوافق سرعة حركة السلك وسرعة دوران القرص بحيث انه خلال دورة واحدة للقرص يتقدم السلك بمقدار نصف عرض الشريط العازل . وهكذا ، يتوضع الشريط المستمر على السلك بالتراكب ، بحيث ان العازل يكون بطبقة واحدة عند استخدام بكرة واحدة ، وبطبقتين عند استخدام بكرتين . ولاحداث الشد اللازم للشريط تفرمل الطنابير مع البكرات قليلا .

مكنات الضفر ، تستخدم لاستعادة عازل اسلاك اللف المأخوذة من الملف المعطوب ، وذلك بهدف استخدامها من جديد .

مكنة تنظيف الاسلاك من العازل القديم ، يبين مخططها على الشكل ٩٤ ، وهى تتألف من الفرش ١ ، الذى تركب عليه تجهيزة التقويم ٢ ووحدة قص العازل ٣ ، ووحدة تنظيف العازل ٤ ، وجهاز التحريك ٥ مع طنبور الشد ٦ لتجهيزة الاستقبال ٨ المزودة بجهاز ترتيب ميكانيكى ٧ . ولسحب السلك يركب على المكنة ماسك السلك ٩ ، الذى يغيّر قطر السلك ، أما الصينية الدوارة المخروطية فتركب على الطنبور ٦ لجهاز التحريك .



الشكل ٩٤ — مكنة لتنظيف الاسلاك وسحبها :
١ — فرش ، ٢ — تجهيزة تقويم السلك ، ٣ — وحدة قص العازل ، ٤ — وحدة تنظيف العازل ، ٥ — جهاز تحريك ، ٦ — طنبور السحب ، ٧ — اداة ترتيب السلك مع التحريك التدريجي للعربة ، ٨ — تجهيزة الاستقبال ، ٩ — حامل اداة تعيير قطر السلك



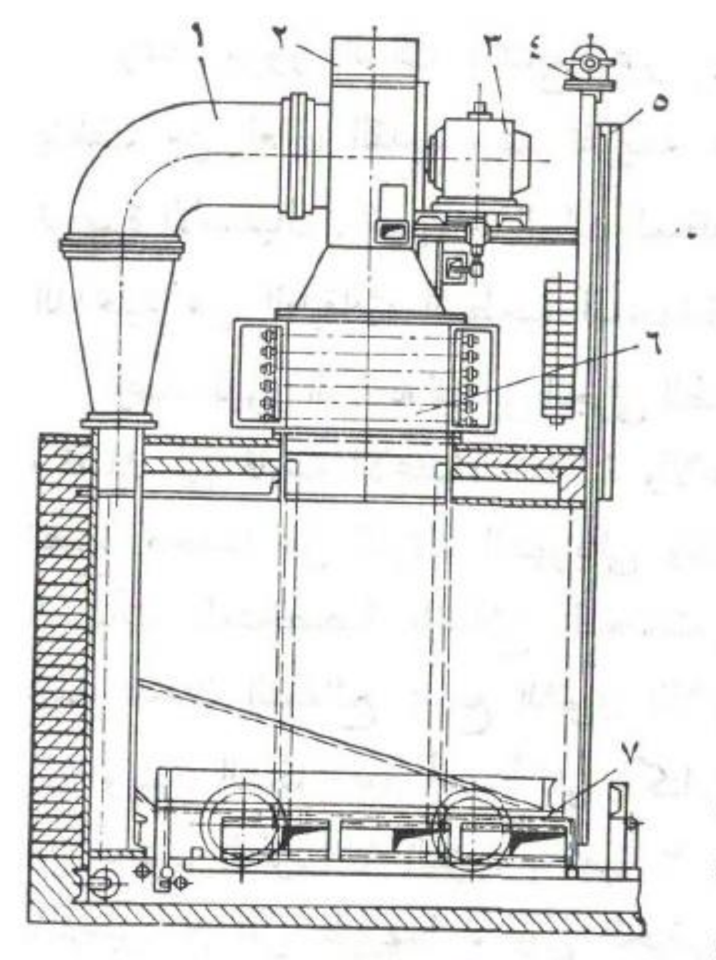
الشكل ٩٥ — مكنة الدهان باللك :
١ — خزان علوي ، ٢ — حنفية الاغلاق ، ٣ — انبوبة مثقبة ، ٤ — غطاء مطاطي ، ٥ و ٦ — العمودان العلوي والسفلي ، ٧ — ترسان ، ٨ — قبضة ، ٩ — الحوض السفلي ، ١٠ — وصلة انبوبية ، ١١ — طاقم من التساميك ، ١٢ — لولب التحديد

وعند مرور السلك بالتتابع عبر جميع وحدات وتجهيزات المكنة ، ينظف من العازل القديم ويتم تقويمه ، ويعيّر قطره ثم يلف على طنبور تجهيزة الاستقبال . ثم يلدّن السلك المنظف من العازل بقصد نزع الاجهادات الداخلية من الطبقات السطحية المجهدة لمعدن السلك .

وعند ظهور الحاجة للتبديل الجزئى للصفائح المعطوبة للموصل المغناطيسى ، وكذلك فى قلوب الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة ، فان القطع المشابهة تصنع مجددا من الفولاذ الكهربائى وتدهن بطبقة من اللك العازل . وفى المنشآت المتخصصة باصلاح المعدات الكهربائية تستخدم مكنات وضع اللك لدهان الصفائح ، مع الشوى اللاحق لطبقة اللك فى افران خاصة .

ويبين الشكل ٩٥ أحد أكثر **مكنات وضع اللك** انتشارا ، وهى تتألف من الخزان العلوى ١ المزود بحنفية ٢ ، ومن العمودين ٥ و ٦ المزودين بالترسين ٧ على طرفيهما ، ومن الحوض ٩ . ويتصل الخزان العلوى مع الانبوبة ٣ ، المزودة على طولها الكامل بثقوب دقيقة تصلح لتأمين التغذية المنتظمة للك على سطح الجذع العلوى ٥ . وينضغط العمود العلوى ٥ على العمود السفلى ٦ بواسطة لوالب التركيب ١٢ ، التى يوضع بينها طاقم من التساميك ١١ من المطاط الصفيحى ، ويشد حول الاعمدة مطاط صفيحى سماكته ٥ ــ ٧ مم . ويقع العمود السفلى فى حوض توجد فيه الوصلة الانبوبية ١٠ ، لسحب اللك الفائض من الحوض عن طريق الانبوبة التى يلبس أحد طرفيها على الوصلة الانبوبية ، ويوضع الطرف الآخر فى سطل او علبة تنك . وتدار مكنة الدهان باللك بواسطة القبضة ٨ ، التى يقوم بتدويرها العامل يدويا ، او بواسطة محرك كهربائى قدرته ٠,٨ كيلوواط مزود بمخفض يتمتع بنسبة النقل اللازمة . ويجب ان يدور العمودان ٥ و ٦ بعدد من الدورات يتراوح بين ٢٢ و ٢٤ دورة / دقيقة .

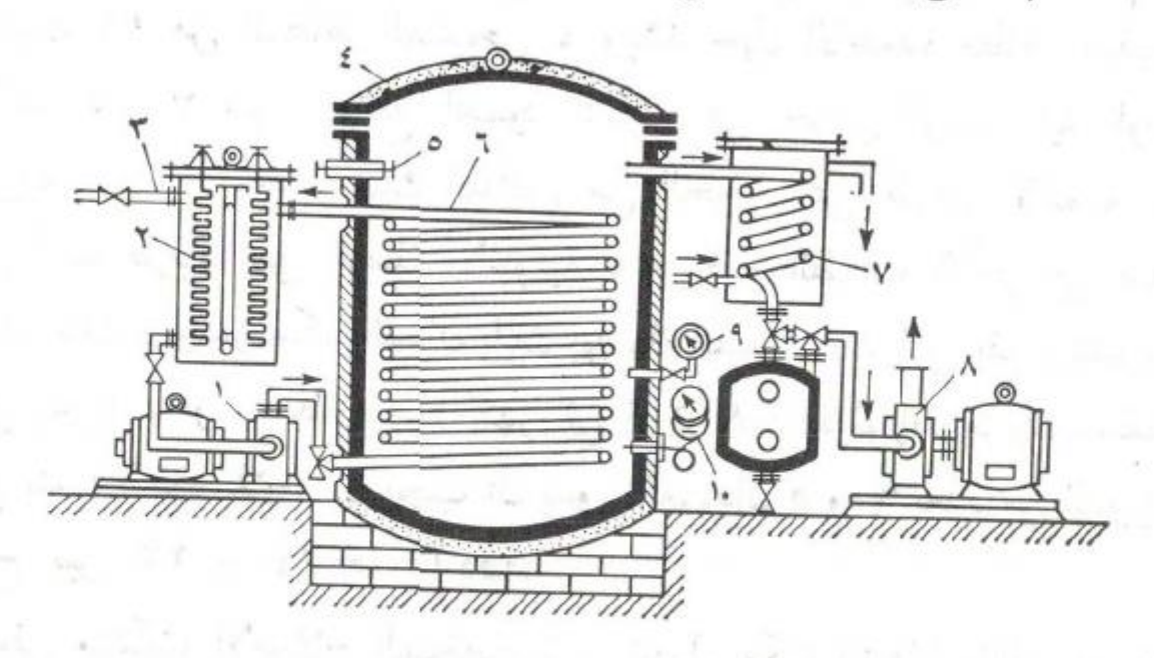
وفى منشآت الاصلاح المتخصصة ، توصل مكنة الدهان باللك مع فرن التسخين ، وبذلك تتشكل وحدة متواصلة العمل كالحزام الدائر ، يتم بواسطتها دهن الصفائح الفولاذية باللك مع الشى اللاحق .



الشكل ٩٦ – فرن السخانة لتجفيف الملفات :
١ – وصلة انبوبية شافطة ، ٢ – مروحة ، ٣ – محرك كهربائى ، ٤ – آلية رفع الصفيحة الحاجزة ، ٥ – صفيحة حاجزة ، ٦ – سخانة ، ٧ – عربة

يعتبر تجفيف وشى ملفات المكنات الكهربائية ومحولات القدرة احد اهم العمليات التكنولوجية لتحضير الملفات . ويتم التجفيف بقصد ازالة الرطوبة من العازل الصلب للملفات ، لتأمين اقصى ما يمكن من المتانة الكهربائية للعازل . ويجرى شى الملفات كى تكتسب صمودا أشد ضد التأثيرات الميكانيكية .

وفى منشآت الاصلاح المتخصصة ، يتم التجفيف للملفات فى **السخانات** (الشكل ٩٦) او **الافران الاخلائية** (الشكل ٩٧) . ويعتبر التجفيف



لشكل ٩٧ – فرن اخلائى لتجفيف الملفات :
١ – مضخة التدوير ، ٢ – مرجل الماء ، ٣ – انبوبة التغذية ، ٤ – غطاء للمخزان قابل للفك ، ٥ – عازل مار لفحص مقاومة عوازل الملف ، ٦ – انبوب حلزونى ، ٧ – مبرد مائى ، ٨ – مضخة اخلاء ، ٩ – مقياس الخلاء ، ١٠ – مقياس الحرارة

14*

فى الافران الاخلائية أكثر فعالية ، حيث يشترط انتقال الرطوبة من سطح المواد العازلة الى الوسط المحيط ، بوجود فرق فى ضغط البخار مباشرة على سطح المادة وفى الجو المحيط : فكلما كان ضغط البخار فى الجو المحيط اخفض ، كلما كانت ازالة الرطوبة من سطح المادة تجرى بشدة .

وتستخدم فى التطبيق العملى لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ، كذلك انواع اخرى من مختلف النبائط والعدد والتجهيزات التى سيجرى الحديث عنها فى الابواب السابع والثامن والتاسع والعاشر .

اسئلة للمراجعة

١ – تحدث عن النظام المتبع لاصلاح المعدات الكهربائية .
٢ – ما هى الادوات التى يتألف منها طاقم العدد الخاصة التى يستخدمها عامل اللف الكهربائى عند اصلاح المكنات الكهربائية ؟
٣ – ما هى مكنات اللف التى تعرفها ، وتركيبها ؟
٤ – لماذا تلدن اسلاك اللف بعد تعيير قطرها ؟

الباب السابع

تكنولوجيا اعمال التحضير والعزل

البند ٣١ – تعليم وقص الاغفال من المواد العازلة الصفيحية

يصنع العديد من القطع العازلة للمحولات والمكنات الكهربائية من الكرتون الصامد ضد الزيت والعازل كهربائيا ، اى ما يسمى بالكرتون الكهربائى . ويحتوى الكرتون الكهربائى فى ظروف التخزين العادية على ٨ – ١٠٪ من الرطوبة ، فاذا ازيلت هذه الرطوبة تتناقص الابعاد الخطية للوح بالطول تقريبا ٠,٥٪ ، وبالعرض حتى ١,٥٪ . وعند تصنيع القطع العازلة ذات الشكل المستطيل من الواح الكرتون الكهربائى ، يجرى تعليمها بحيث تنطبق الابعاد الاكبر مع طول اللوح . ويصنف الكرتون الكهربائى المستخدم لتصنيع التساميك وعوازل المجارى للملفات ، حسب السماكة بحيث تكون الانحرافات بالسماكة اقل ما يمكن .

ويجب ان يكون تفصيل وقص المواد العازلة عقلانيا واقتصاديا ، فعند التفصيل العقلانى والصحيح للمواد (وهذا يثبت على خرائط التفصيل) ، وكذلك عند التنظيم المناسب للانتاج ، نحصل على فضلات غير كبيرة . ويعتبر معامل الاستفادة من اللوح دليلا على تحديد الاقتصادية لعملية التفصيل : $k_{sh} = NS_p/(BL)$ حيث N — عدد الاجزاء الحاصلة من اللوح؛ S_p — مساحة الجزء الواحد ؛ B و L — عرض اللوح وطوله .

يتم انتاج معظم الاجزاء المصنوعة من الكرتون الكهربائى ، بالجملة ، وتفصل عادة كل الواح الدفعة الواحدة من الاجزاء ، بحيث نحصل عندئذ على اقل الفضلات . ويجب عند القيام بالتفصيل ، تحديد الابعاد العقلانية للاغفال ، مع مراعاة امكانية استخدام الفضلات لتصنيع اجزاء اخرى أبعادها اصغر . ويجب السعى للتفصيل بدون فضلات ، غير انه يجب ان لا ننسى عندئذ القيمة المختلفة لانكماش الكرتون الكهربائى بطول اللوح وعرضه ، وكذلك يجب ان نأخذ بعين الاعتبار المتانة الميكانيكية للمادة ، وهى تتعلق باتجاه الالياف .

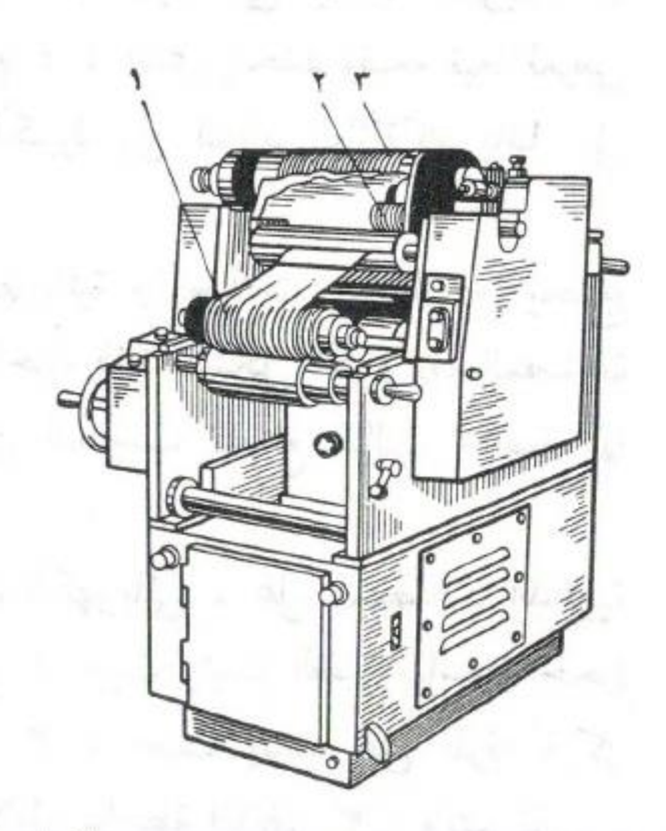
وتعتبر عملية قص الكرتون الكهربائى الى شرائط وقص الشرائط الى اغفال منفصلة للاجزاء ، احدى اولى العمليات التكنولوجية لتحضير العوازل . ومن ثم يجرى تعليم وقص الاغفال الى الاجزاء العازلة ، عادة فى آقسام التحضير ، حيث ترد هذه الاجزاء بشكل مضبوب الى قسم لف الملفات ، او لوضعها فى مجارى القلوب .

وان تفصيل المواد العازلة فى الاقسام المتخصصة يضمن ما يلى : انتاجية مرتفعة للعمل ، نتيجة لقص التساميك بكميات كبيرة وحسب تكنولوجيا معينة ؛ ودقة للابعاد ، وخاصة للتساميك فى المجارى حيث تكون ابعادها محدودة بعرض المجرى ؛ ونظافة الحواف وعدم وجود الروايش والتطعيجات .

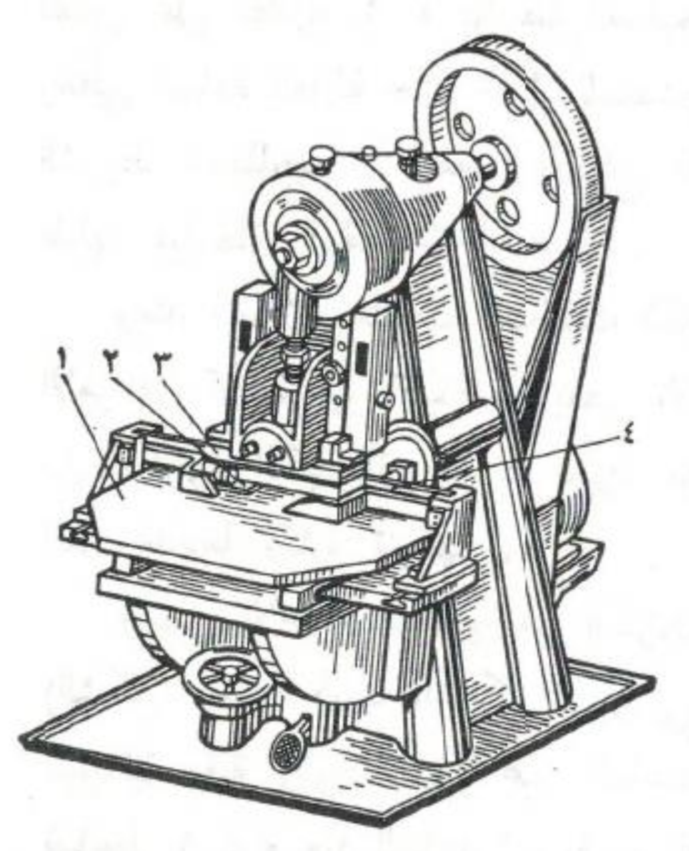
وترد عادة المواد العازلة المستخدمة عند تصنيع الملفات وعزل المجارى ، على هيئة لفائف والواح . وتقص الالواح العازلة الى اغفال حسب الابعاد المطلوبة بواسطة مقصات يدوية او ممكننة ، اما اللفائف فتقص غالبا الى شرائط بواسطة مقصات دائرية او بمكنات خاصة .

وتستخدم المقصات اليدوية الذراعية بشكل واسع عند قص العوازل ، خاصة فى ورشات الاصلاح الكهربائى ، وذلك لبساطتها وشمولية اغراضها ، وتتألف هذه المقصات من طاولة وسكينتين احداهما ثابتة والاخرى متحركة . وتثبت السكينة الثابتة على الطاولة ، اما السكينة المتحركة فتثبت على ذراع المقص . ويثبت الذراع مع الطاولة بعمود محورى يدور الذراع حوله بزاوية معينة ، ويوجد على الذراع من احد طرفيه ثقل موازن لتسهيل تدويره ، وعلى طرفه الآخر توجد قبضة يدوية ، يتم بواسطتها رفع وتنزيل الذراع مع السكينة المتحركة . ويوجد على الطاولة مصدم يمكن تحريكه لوضع الالواح المراد قصها على عرض معين . غير ان العمل على المقصات اليدوية مضن وانتاجيته قليلة ، لذا ففى ورشات الاصلاح الكبيرة غالبا ما تجرى مكننة هذه المقصات ، وذلك بتزويدها بآلية التوصيل والتدوير ، يتحرك بواسطتها ذراع المقص حركة ترددية بمساعدة محرك كهربائى .

ويبين الشكل ٩٨ المكنة OM-1 من تصميم معهد الابحاث العلمية للمكنات الكهربائية ، المخصصة لقص المواد العازلة من اللفائف مثل الغشاء



الشكل ٩٨ – المكنة OM-1 لقص المواد العازلة الشريطية .



الشكل ٩٩ – قالب قص على مكبس لامركزى

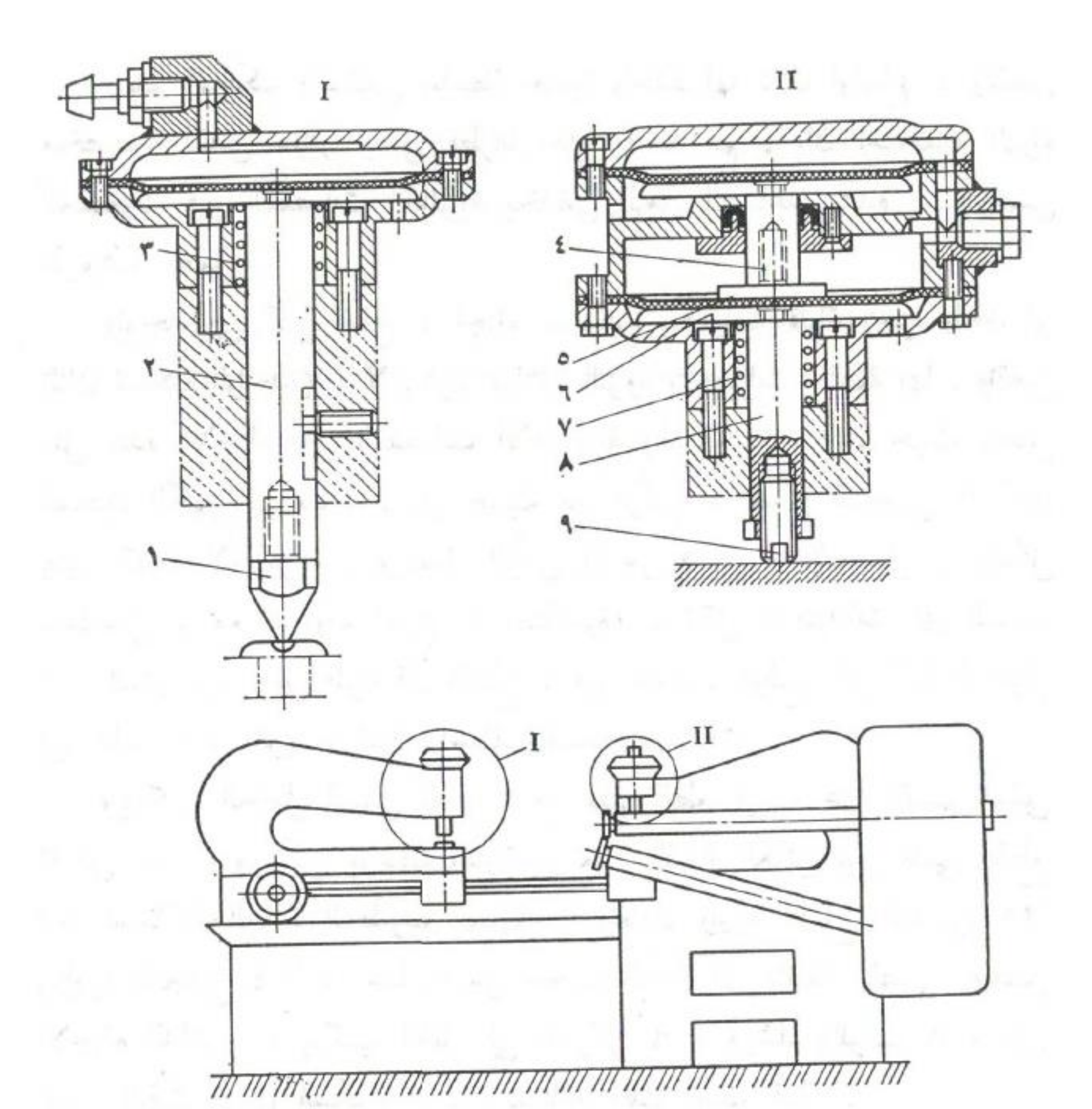
المصنوع من الاتيلين تيريفتالات ، ومن الكرتون وغيره ، حيث تثبت اللفيفة من المادة العازلة ذات العرض ١٠٠ — ٢٥٠ مم ، على عمود الفرملة بين مخروطين (عمود الفرملة يقع فى الجانب الخلفى للمكنة) . وتمرر المادة العازلة من عمود الفرملة عبر العمود العلوى المرفوع قليلا ، والمزود بمجموعة من السكاكين . وعند تنزيل مجموعة السكاكين العلوية يبدأ عمل المكنة وقص المواد العازلة .

وتكون السكاكين التى تقص بها المواد العازلة عبارة عن مجموعة اقراص مثبتة على العمودين : السفلى ٢ والعلوى ٣ ، توجد بينها تساميك قابلة للتبديل ، وعرضها يساوى لعرض المادة المقصوصة . ويثبت الشريط المقصوص على عمود اللف ١ الذى يتم نزعه عند تعبئته بالشريط ، من المكنة بقصد ابعاد بكرات الشريط المقصوص . ويتم تحريك مجموعة السكاكين وعمود اللف من قبل محرك كهربائى ومن خلال علبة السرعات .

ولقص العديد من المواد العازلة يستخدم قالب القص (الشكل ٩٩) الذى يركب على مكبس لامركزى . وتنضغط المادة العازلة اثناء عملية القص على الطاولة ١ ، بواسطة الصفيحة ٢ المثبتة على البلاطة العلوية ٣ . وتعطى المادة العازلة حتى تصل للمصدم ٤ ، الذى يتحدد وضعه تبعا لعرض الشريط المطلوب . وتقص الالواح الكبيرة من المواد العازلة كهربائيا على طولها بواسطة المقصات القرصية .

وعند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ، غالبا ما يحتاج الامر الى كمية غير كبيرة من بعض الاجزاء ذات الشكل الكروى ، المصنوعة من الكرتون الكهربائى ، لا يكون من المناسب تصنيع قوالب خاصة بها لقلة عددها وكثرة تنوعها .

وتقص الاجزاء الدائرية من الكرتون الكهربائى ، على المقصات الدائرية (الشكل ١٠٠) ذات التحكم البنيوماتى ، حيث يثبت الغفل بواسطة حجرة بنيوماتية رقية (الوحدة I) عبر الساعد ٢ ، حيث يثبت على طرفه مركز ضاغط ١ ، ويعود الساعد الى وضعه الاولى بواسطة النابض ٣ . ويتم تقريب وتبعيد السكينة المتحركة بواسطة حجرة بنيوماتية رقية ثانية (الوحدة II) .



الشكل ١٠٠ – مقص دائرى يدار بالهواء المضغوط

وينتقل الضغط من الرق العلوى عبر الساعد الاضافى ٤ الذى يتمتع بشكل الفطر ، والقرص ٥ ، والقرص ٦ والرق السفلى ، الى الساعد ٨ المزود على طرفه بالمصدم ٩ القابل للتعيير .

فعند ملء الحجرة بالهواء المضغوط يتحرك الساعد ٨ وينقل الجهد الى محور دوران السكينة المتحركة ، التى تنزل وتقص المادة . اما عندما يخرج الهواء من الحجرة ، يرتفع الساعد ٨ ، ويعود عمود الدوران مع السكينة تحت تأثير النابض ٧ الى الوضع الأولى .

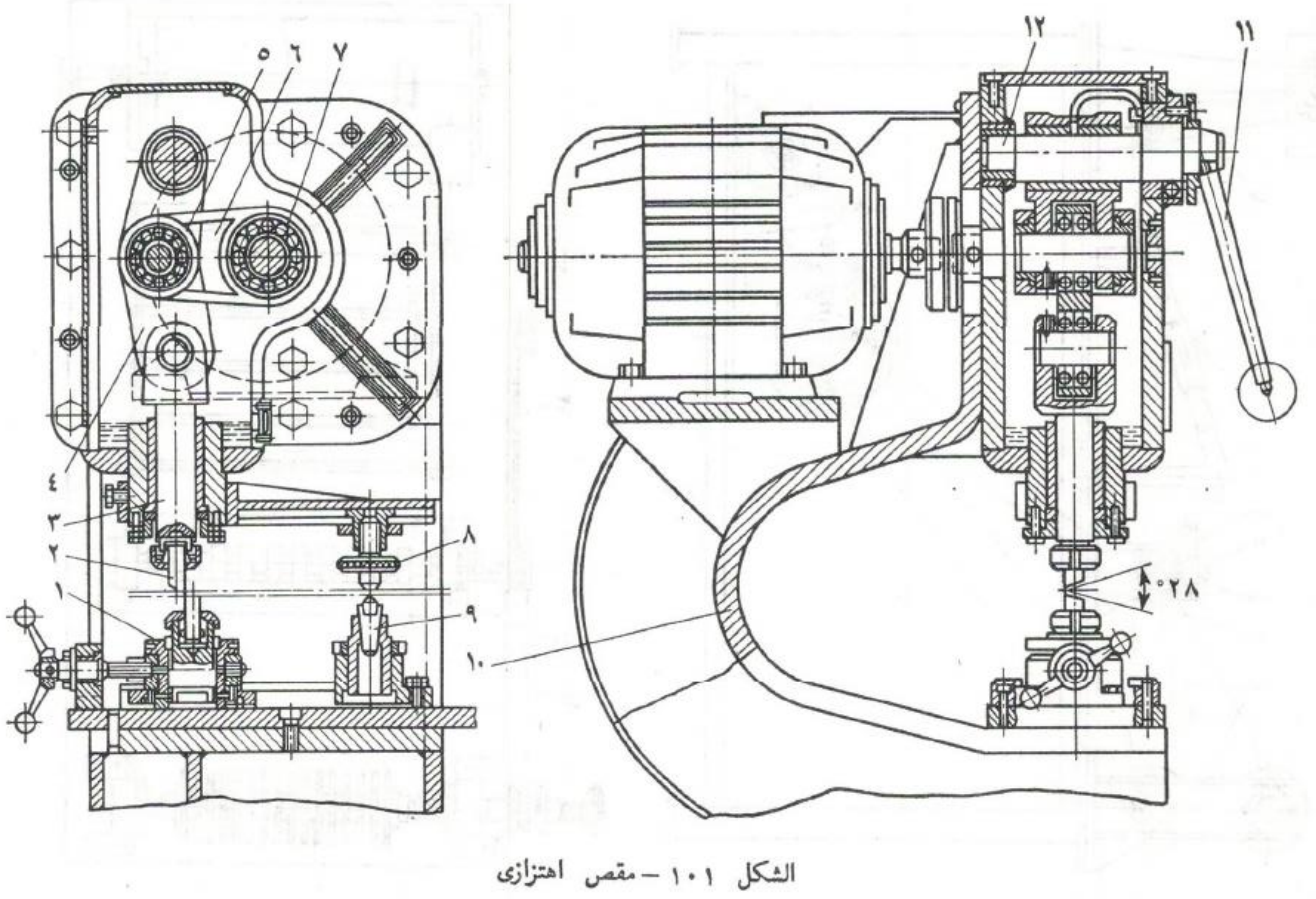
ويتم التحكم بالمقص بواسطة حنفية واحدة لها ثلاثة اوضاع ، والقص مخصص لقص دوائر يصل قطرها حتى ٩٠٠ مم . وان استخدام الهواء المضغوط فى المقصات الدائرية يخفض الزمن المساعد بشدة ، ويحسن ظروف العمل .

وتوجد فى كل انتاج ، اجزاء تستخدم بكميات قليلة (جزء واحد او اثنان للمكنة الواحدة) ، لا يكون عقلانيا التزود بتجهيزات خاصة بها . وتقص مثل هذه الاجزاء على المقصات الاهتزازية (الشكل ١٠١) ، حيث يتصل المحرك الكهربائى بقارنة وصل جسيئة مع الرأس ٧ لذراع التوصيل ٦ الذى يعتبر قطعة لامركزية . ويتصل الرأس الآخر ٥ لذراع التوصيل ، بشكل متمفصل ، مع منظومة أذرع ٤ «متكسرة» ، تنقل الاهتزازات الى الساعد ٣ ، الذى يثبت على طرفه قلم القطع ٢ فى حامله . وتوضع كل آلية الاهتزاز فى علبة يصل الزيت اليها بواسطة مضخة بمسننات .

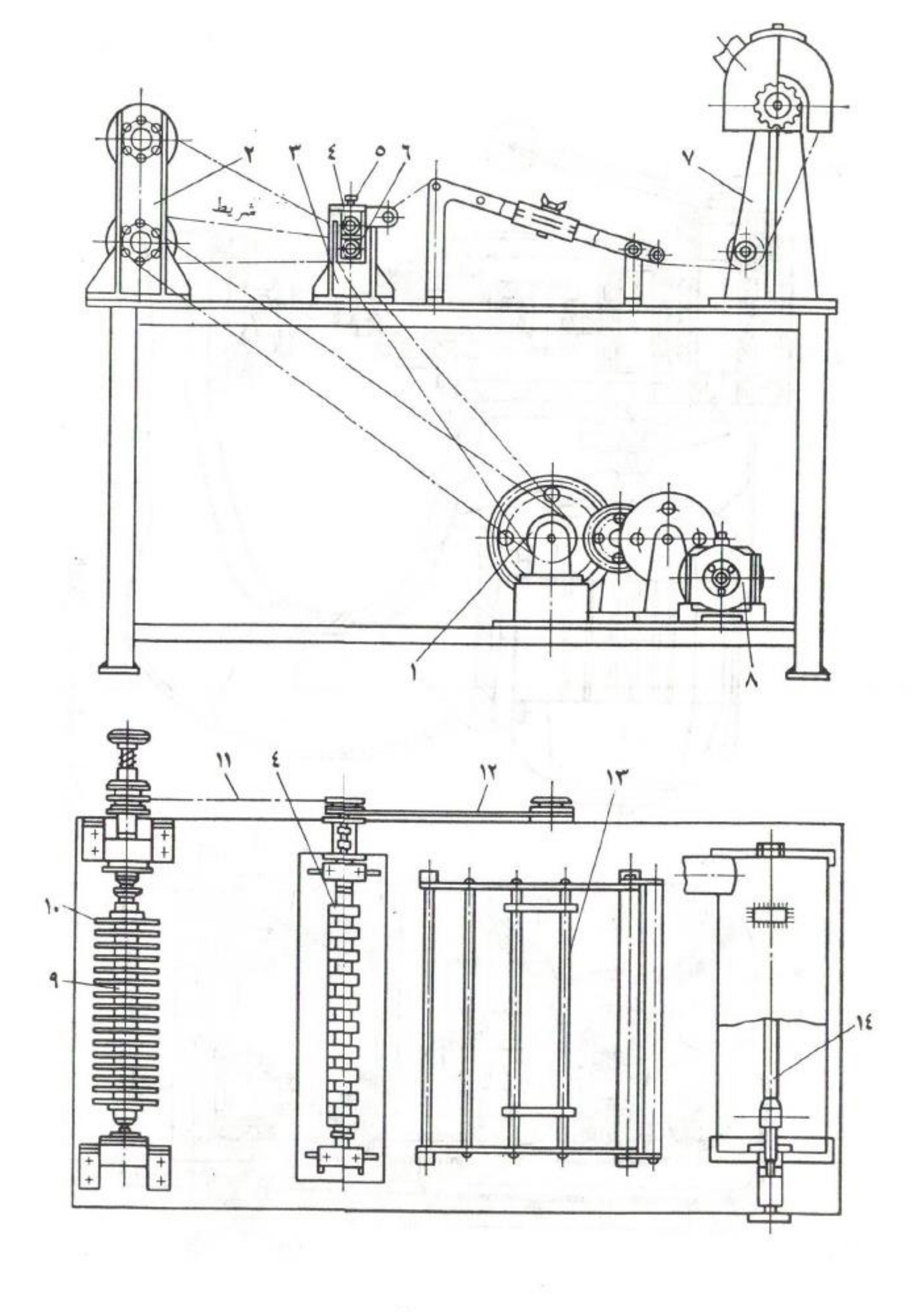
ويركب الحامل السفلى للقلم ١ مع قلم القطع فيه ، على القسم السفلى للفرش ١٠ ، ويمكن بواسطة الدولاب تعيير الفراغ الكائن بين قلمى القطع تبعا لسماكة المادة المطلوب قصها . وتعادل زاوية انفتاح القلمين °٢٨ وزاوية التجليخ °١٤ ، مما يضمن سحب المادة الى منطقة القص . ولقص الاجزاء الدائرية ، يركب الغفل فى المركز ٩ ، ويشد باللولب ٨ ، وفى نفس الوقت تبدل السكاكين ، ويحتاج ذلك لوقت قليل .

فاذا لزم الأمر لفتح ثقب ما ، يمكن بواسطة القبضة ١١ تدوير الجذع ١٢ المزود باعناق لامركزية ، فيرتفع قلم القطع ٢ ويتم ادخال القسم الاوسط للغفل الى منطقة القطع . وبعد ذلك ينزل القلم ٢ تدريجيا مع كون المحرك فى حالة العمل . ويثبت الجذع ١٢ فى الوضعين العلوى والسفلى . ويمكن بواسطة المقص الاهتزازى قص الاجزاء المعدنية والاجزاء المصنوعة من المواد العازلة .

وان المواد العازلة مثل شريط الميكا والشريط الزجاجى ، والنسيج المشرب باللك ، ترد الى الورشة على شكل لفائف ، ثم تقص الى شرائط بالعرض المطلوب على المقص الدائرى المزود ببكرات (الشكل ١٠٢) .



الشكل ١٠١ — مقص اهتزازي



الشكل ١٠٢ – مقص أسيطيني

ويتألف عمودا القص ٤ و ٦ من السكاكين القرصية التى تجمع مع جلب فاصلة على العمودين . ويكون عرض السكاكين وعرض الاشرطة المقصوصة متساويين .

وتدور الاعمدة على مدارج الدعامة ٣ ، وتشد باللولب ٥ . ويتم تحريك العمود السفلى بواسطة محرك كهربائى ٨ عبر مخفض بمسننات ١ ، وبالسير الاسفينى ١٢ . وتركب لفيفة المادة العازلة المراد قصها على الشياق ١٤ ، الذى يدور بحرية على المدارج فى الدعامة ٧ .

ثم يرد الشريط المبسط المقصوص من المادة الى اعمدة القطع عبر بكرة التوجيه والشبكة ١٣ ، وتلف الشرائط الضيقة المقصوصة على اعمدة الاستقبال للدعامة ٢ ، وتتألف هذه الاعمدة من جلب تكستوليتية ٩ وحواجز ١٠ . وعندما تتعبأ الاعمدة بالشريط الضيق ، تنزع وتوضع مكانها اعمدة جديدة ، ويتم تفكيك الاعمدة خارج المكنة . تنتقل الحركة الدورانية الى عمود الاستقبال السفلى من مخفض السرعة عبر سلسلة اسيطينات (دحاريج) ١١ ، وتتصل اعمدة الاستقبال فيما بينها كذلك بسلسلة اسيطينات . وتزود المكنة بتهوية شافطة لسحب الغبار المتولد اثناء القص . وتتمتع المقصات الدائرية بانتاجية عالية ، ويسهل العمل عليها .

ولكى تكون ملفات الشريط المقصوص من النسيج المشرب باللك مرصوصة على بعضها بشكل افضل يجب ان تكون مقصوصة بحيث تشكل قاعدة النسيج زاوية معينة مع حافة الشريط . ولهذا السبب كانوا فى السابق يلجؤون عادة لقص قطعة النسيج المشرب باللك الى شرائط ضيقة باتجاه قطرها ، مما عرقل ادخال المكننة على عملية القص وادى الى فضلات كبيرة فى زوايا قطعة النسيج . اما فى الوقت الحالى ، فتصنع الانسجة المشربة باللك ، بحيث تشكل قاعدتها زاوية معينة مع حافة القطعة ، مما يسمح بمكننة القص وانقاص الفضلات .

وتقص الاجزاء المعقدة الشكل بموجب تعليم سابق ، ولهذا الغرض يوضع لوح الكرتون الكهربائى على طاولة خاصة ، ثم يعلم الجزء المطلوب قصه حسب المخطط وبمساعدة الفرجار والزاوية والمسطرة والشابلونات والاقلام الملونة .

البند ٣٢ – تصنيع الاجزاء العازلة بالكبس

يعتبر الكبس من احدى الطرق المنتشرة لتصنيع الاجزاء العازلة من الكرتون الكهربائى ذى السماكات المختلفة .

ومن الميزات الاساسية للكبس هى الدقة العالية للاجزاء ، وعدم الحاجة للمعالجة الاضافية للحواف ، وامكانية افضل للتفصيل العقلانى للمادة ، وتشكل فضلات قليلة من المواد عند انتاج الاجزاء العازلة .

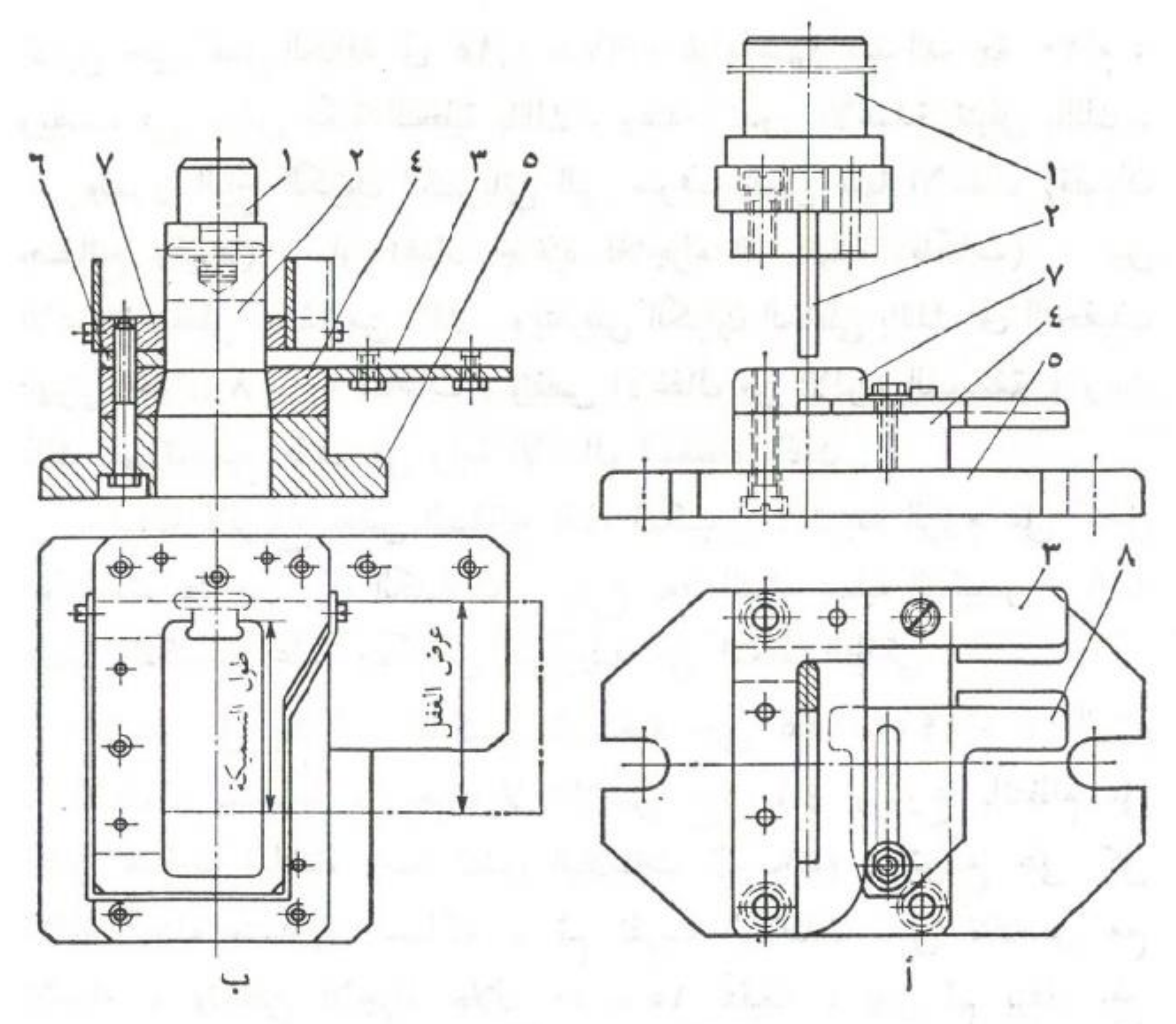
وبقصد التصنيع بالجملة ، للاجزاء العازلة من الكرتون الكهربائى بطريقة الكبس ، تستخدم قوالب القص والقوالب الشاملة الاغراض ، وكذلك نبائط متنوعة .

فمثلا ، تستخدم بشكل رئيسى لتصنيع النساميك ، قوالب القص التى يبين احدها على الشكل ١٠٣ ، أ ، بحيث يكون عرض القالب الذكر والقالب الانثى متطابقا مع العرض القياسى للتسميكة . اما تعيير طول التسميكة فيتم على حساب تغيير عرض الغفل الشريطى .

وتصنع قوالب قياسية من اجل القياسات الدارجة للتساميك ، تسمح بكبس التساميك المزودة باربع زوايا مستديرة وبمجريين معقدى الشكل . وبالاضافة الى ذلك ، فانه يمكن بواسطة القوالب القياسية ، قص التساميك من فضلات الكرتون التى تحتوى على حافة مستقيمة واحدة .

ويبين الشكل ١٠٣ ، ب القالب الشامل الأغراض للتحضير بواسطة القص لقطعة دارجة تصنع بالجملة مثل التبشيمة من الكرتون الكهربائى . ويتم بمساعدة هذا القالب الحصول على تباشيم لها اطوال مختلفة، باستخدام اغفال لها طول قياسى ، يوضع بموجبها مصدم قابل للضبط .

وهناك عدد هائل من القوالب المتنوعة التصميم لتصنيع الاجزاء العازلة مهما كانت عمليا ، وذلك للمحولات والمكنات الكهربائية ، غير أنها تختلف مبدئيا بشكل قليل عن القوالب الموصوفة علاه . وتختلف القوالب عن بعضها بشكل رئيسى بابعادها وبعض خواصها البنيوية .



الشكل ١٠٣ – القوالب :
أ – قالب قص ، ب – قالب عمومى ؛ ١ – ذيل ، ٢ – قالب ذكر ، ٣ – صفيحة التوجيه ، ٤ – قالب انثى ، ٥ – وسادة ، ٦ – مصدم ، ٧ – نازع ، ٨ – مصدم تعيير

البند ٣٣ – عملية تكبيس وشى الاغفال والاجزاء العازلة

يتم تكبيس وشى الاغفال والاجزاء العازلة للمحولات والمكنات الكهربائية بهدف اعطاء هذه الاجزاء خواص اضافية ، مثل الصمود العالى ضد الحرارة ، والمتانة الكهربائية ، والصمود ضد الرطوبة ، وغير ذلك .

وتصنع بواسطة التكبيس اجزاء عازلة كثيرة تزيد سماكتها عن ٥ مم ، وهى تصنع من الكرتون المضغوط (الملصق) .

ويتم تلصيق الواح الكرتون بلك من البيكاليت يوضع على سطح نصف عدد الالواح او الاغفال المراد توصيلها . ويميع اللك البيكاليتى بالكحول

الاتيلى حتى تصل الكثافة الى ٠,٩٥ — ٠,٩٧ غرام/سم٣ عند الدرجة ٢٠°م ، ويصب فى حوض مكنة التغطية باللك ، وعندما تدور الاعمدة تتبلل باللك .

وتمرر الواح الكرتون الكهربائى التى سوف تقص منها الاغفال (قضبان وصفائح وغيرها) ، او اغفال جاهزة للاجزاء المستقبلية (فلكات) ، بين الاعمدة وتغطى بطبقة من اللك . ويتعرض الكرتون المغطى باللك الى التجفيف الهوائى خلال ٨ — ١٠ ساعات . وتقص الاغفال من الالواح المجففة ، وبعد ذلك يتم تجميع طاقم من رزمة الاغفال المغطاة باللك .

وتجنبا لانزياح بعض الصفائح اثناء التكبيس ، تربط الرزم على كامل طولها بشريط من ورق الكابلات ، ينزع بعد انتهاء عملية التكبيس . وتنفذ عملية التكبيس عادة بمكابس هيدرولية من النمط الطابقى .

توضع على بلاطات المكبس المسخنة حتى ١٢٥ — ١٤٠°م ، الرزم او الاغفال المجمعة ، بحيث لا تتلامس مع بعضها وتتوزع بانتظام على كامل مساحة البلاطة (منعا لتشوه البلاطات المسخنة) . وتوضع على كل بلاطة اجزاء متساوية السماكة ، ثم تقرب البلاطات حتى تتلامس مع الاجزاء ، وتسخن الاجزاء خلال ١٠ — ١٥ دقيقة ، ومن ثم يزداد رفع الضغط .

ويتعلق زمن ابقاء الاغفال تحت الضغط بسماكة الاجزاء ، او الاغفال :

السماكة/بالملم	زمن الابقاء تحت الضغط بدرجة ١٢٥ — ١٤٠ °م بالساعة
اقل من ٢٥	١
٢٦—٣٦	١,٥
٣٦—٨٠	٢
٨٠—١٢٠	٣

ويتم الحفاظ على الضغط المناسب ودرجة الحرارة الموافقة خلال مدة التكبيس . وفى مثل هذا النظام ينصهر الراتنج البيكاليتى ويتغلغل جيدا فى الطبقات الخارجية للكرتون ، ويضمن تلاصق الاغفال المنفصلة لتصبح قطعة واحدة . ومن الواجب تنفيذ عملية التكبيس تدريجيا ، لنتجنب اخراج

اللك البيكاليتى عند المرحلة الاولى للتكبيس . فتحت تأثير الحرارة يتحول البيكاليت فى البداية الى الطور B ، ومن ثم الطور غير القابل للعكس C ، الذى لا ينحل فى زيت المحولات الساخن . ومن الضرورى ، كى يتبلمر البيكاليت مرور وقت معين يتعلق بسماكة المنتجات المكبوسة . وعند انتهاء عملية التكبيس توقف عملية التسخين ، ويتحرر الضغط ، وتبعد البلاطتان عن بعضهما وتنزع القطعة المكبوسة .

يستخدم الكبس والشى ايضا عند تصنيع أكمام الموحد من الميكانيت التشكيلى ، ومن حيث تصميم هذه الاكمام فهى اما ان تكون مشكلة من قطعة واحدة او عدة قطاعات . وتتألف الاكمام المؤلفة من قطعة واحدة او من عدة قطاعات ، من عدة طبقات من الميكانيت التشكيلى ماركة ФМГ و ФМГА وهى مخصصة للمكنات المزودة بعازل من الصنف B ، والماركات ФФК ، ФФКА و ФМК مخصصة للمكنات المزودة بعازل من الصنف H ، بحيث تلصق هذه الطبقات مع بعضها بواسطة مادة رابطة ، وتتعرض لضغط كبير ودرجة حرارة عالية . وتتألف العملية التكنولوجية لتصنيع الأكمام من مراحل تحضير القطاعات من الميكانيت التشكيلى، وكبس القطاعات فى قوالب تشكيلية للكبس .

ويتم التوصل الى الشكل المعطى حسب المخطط للأكمام ، من غفل الميكانيت الذى يتمتع بشكل القطاع الهلالى ، ويطوى بالزاوية المطلوبة فى القالب التشكيلى للكبس .

ولكى نتجنب تشكيل السماكة الزائدة الموضعية ، والثنايا عند الاقطار الاصغر اثناء ثنى القطاعات الهلالية ، تقضم عدة فرضات على الاغفال . ونظرا للتراوح الكبير بين سماكة الواح الميكانيت التشكيلى ، تؤخذ الكمية اللازمة من القطاعات الهلالية لتحضير الاكمام : لا بعددها وانما بكتلتها .

ويصنع شابلون التفصيل بموجب الابعاد الحسابية للقطاع الهلالى ، يتم بواسطته تعليم الميكانيت لقص الاغفال . وتوضع الواح الميكانيت لقص الاغفال منها ، على شكل رزمة ارتفاعها يصل حتى ٢٠ مم ، وتقص اغفال القطاعات بشكل مسنن على المنشار الشريطى . وان عملية قص القطاعات

بالمنشار هى عملية مجهدة ، لذا فان القطاعات تقطع بالقالب عند الحاجة لتحضير كمية كبيرة من المخاريط .

وتنفذ عملية كبس الاكمام على الشكل التالى : تستف الاغفال — القطاعات الموزونة على شكل رزمتين فى كل منهما عدد واحد من القطاعات ، وفى كل رزمة يدهن جانب واحد بطبقة رقيقة من اللك القلوى ، وتلصق القطاعات مع بعضها مع انزياح بمقدار $\frac{1}{٤}$ عرض السن بحيث ان التغطية تتوزع بانتظام على كامل محيط الدائرة ، عند وضعها فى القالب التشكيلى .

قبل عملية الكبس توضع الرزمتان من اغفال الميكانيت بعد تسخينها حتى تطرى المادة الرابطة تماما ، ضمن القالب التشكيلى المسخن حتى ١٩٠°م فى الفرن . ويحافظ على القالب الحاوى على الكم ، ضمن المكبس الهيدرولى حتى يبرد لدرجة ٤٠°م . وعندئذ لا يحصل شى تام للمادة الرابطة ، ويحافظ الكم على امكانية التشكيل اثناء شد الصامولة عند تجميع اجزاء الموحد على الجلبة . وتقص الحواف البارزة للكم قبل نزعه من القالب .

ويستخدم الكبس والشى عند عزل الجلبة المعدنية لحلقات التماس للاعضاء الدوارة الطورية فى المكنات اللاامتزامنة .

وتعزل جلب حلقات التماس بالميكانيت الزجاجى (الميكانيت التشكيلى مع النسيج الزجاجى) او بالورق البيكاليتى . وتقص المواد العازلة ، قبل القيام بعملية العزل ، على المقصات الدائرية او الذراعية .

وتقص اغفال الميكانيت بعرض يساوى الى ارتفاع الجلبة ، وبطول يساوى للطول المنشور للسطح الجانبى للجلبة مضافا اليه تسامح قدره ١٥ — ٢٠ مم لتشكيل التراكب عند الوصلة .

اما عرض الاغفال من النسيج الزجاجى والورق البيكاليتى فيجب ان يساوى ارتفاع الجلبة مضافا اليه التسامح المخصص للتنظيف بمعدل ٣ — ٥ مم من كل جهة ، ويجب ان يتراوح طول الغفل من ١ الى ٢ مم ، وهو يتعلق بعرض مادة اللفائف التى تقص الاغفال منها .

وتزال الدهون عن الجلبة المعدنية قبل تطبيق العازل وتعزل الجلب بالعازل الميكانيتى الزجاجى حسب التسلسل التالى : يوضع الغفل الميكانيتى على

بلاطة مستوية مزودة بمسخن كهربائى لتطرية الميكانيت ، ويدهن السطح الجانبى للجلبة باللك البيكاليتى ، ثم يلف العازل على الجلبة مع دحرجتها على الغفل الموضوع على البلاطة . وبعد ذلك توضع على العازل الميكانيتى (تلف الجلبة بالعازل) عدة طبقات من النسيج الزجاجى المشرب باللك ، ودهنها بعد كل دورة او دورتين باللك البيكاليتى . ولتسهيل عملية عزل الجلبة ، فانها تلبس من ثقبها على شياق معدنى يثبت فى الملزمة .

وتعزل الجلب بالورق البيكاليتى مثلما تعزل بالنسيج الزجاجى ، ويجب ان يكون العازل متينا كهربائيا (يتحمل الفلطية التى لا تقل عن ١٢ كيلوفولط) ، ومتماسكا ، وخاليا من التجعدات والتطعيجات على السطح ، وخاليا من انزياح الطبقات على الجوانب ، وأن يكون العازل متماسكا مع الجلبة بشكل جيد . ولكى نلبى هذه المتطلبات يجب تكبيس العازل المطبق على الجلبة ومن ثم شويه .

ويتم تكبيس العازل على المكبس الهيدرولى فى قالب التشكيل المسخن مسبقا حتى الدرجة ١٦٠ — ١٨٠°م ، وهو يتألف من ست لقم لولبة مخروطية مقطعة ، تحيط بها حلقة ذات سطح داخلى مخروطى (ان تصميم الحلقات واللقم اللولبة المخصصة لكبس الموحدات شبيهة بهذه ، غير أن اجزاء القالب التشكيلى هنا ارق بكثير ، لأن جهد التكبيس لعازل الجلبة اقل بكثير).

ويشوى العازل فى الافران الكهربائية بدرجة ١٦٠ — ١٨٠°م ، حيث يوضع القالب التشكيلى مع القطعة المكبوسة ، ويبقى هناك لمدة تحسب اعتبارا من ٢٥ — ٣٠ دقيقة لكل ١ مم من سماكة الميكانيت الزجاجى ، و ١٥ — ٢٠ دقيقة لكل ١ مم من سماكة الورق البيكاليتى . وبعد الشوى ، تنزع القطعة المبردة حتى الدرجة ٦٠°م ، من القالب التشكيلى ، ومن ثم ينظف العازل من طرفى الجلبة بواسطة مبرد او ورق سمباذج .

والمرحلة الختامية هى الرقابة ، اى فحص جودة العازل ومتانته الكهربائية . فالكم الجيد يجب ان يتمتع بسطح املس وخال من التجاعيد ، ويجب ان تطابق ابعاده (القطر والسماكة والارتفاع) بدقة للابعاد المعطاة ؛ واذا طرق عليه يجب أن يطلق صوتا صافيا . فالصوت الاصم او المرتجف هو

دليل على ان الكم مكبوس ومشوى بشكل ردئ . ويسمح بانحراف سماكة الجدران بما لا يزيد عن ± ١ مم ،/ وتقاس السماكة فى ٨ — ١٠ نقط بواسطة الميكرومتر . ويتحدد قطر الكم وشكله كليا بقياس القالب التشكيلى وشكله، ولذا اذا كان القالب مفحوصا ، فانه لا داعى هناك لفحص القطر الخارجى وشكل مخروط الكم . وبعلىالكشف الخارجى وفحص ابعاد الكم ، يجرى اختباره على المتانة الكهربائية فى اضعف مكان (قمة المخروط) ، وذلك فى ٥ — ٨ نقط بمساعدة الكترودات خاصة .

البند ٣٤ — تكنولوجيا العزل عند استعادة عازل اسلاك اللف

غالبا ما تصنع ملفات المكنات الكهربائية والمحولات من اسلاك اللف النحاسية التى تعتبر مادة قليلة التواجد . ولذا ، فانه عند القيام باصلاح ملفات المكنات الكهربائية غالبا ما تظهر الحاجة الى استخدام أسلاك اللف النحاسية الموجودة فى الملفات المعطوبة مرة ثانية .

ولكى نستخدم مجددا اسلاك اللف الموجودة فى الملف المعطوب ، يفك الملف بعد نزعه من مجارى قلب العضو الساكن ، والعضو الدوار الطورى او عضو الانتاج فى المكنة ذات الموحد .

وتنحصر عملية فك الملفات الموضوعة فى المجارى المكشوفة بنزع اسافين المجارى وفك لحام الوصلات بين الوشائع ورفعها من المجارى . اما اذا كانت الوشائع مركبة فى المجارى باحكام ، فانها ترفع بواسطة اسافين من التكستوليت توضع اولا بين الوشائع العلوية والسفلية ، ومن ثم بين الوشائع السفلية وقعر المجرى .

ويكون من الصعب فك ملفات الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج التى تحتوى على مجار نصف مكشوفة او نصف مغلقة ، وذلك لأن الوشائع ملتصقة بشكل متين مع بعضها ومع جدران المجرى بلك التشريب . ولتسهيل فك ملفات العضو الساكن والعضو الدوار او عضو الانتاج ، فانها تسخن حتى ٣٥٠°م مع حرق العازل . ويمكن كذلك تمرير

تيار كهربائى عبر الملف فلطيته ٤٠ – ٦٠ فولط ، فيسخن الملف حتى احتراق العازل وحدوث الخلل فى التماسك الكائن بين اللفات . وهناك طريقة اخرى تنحصر فى تغطيس العضو الساكن والعضو الدوار او عضو الانتاج لمدة ٨ – ١٢ ساعة فى محلول ٣٪ من الصودا الكلسية ، المسخن حتى ٨٠ – ١٠٠°م ، حيث يتحطم اللك عندئذ ويخرج الملف بسهولة من المجارى .

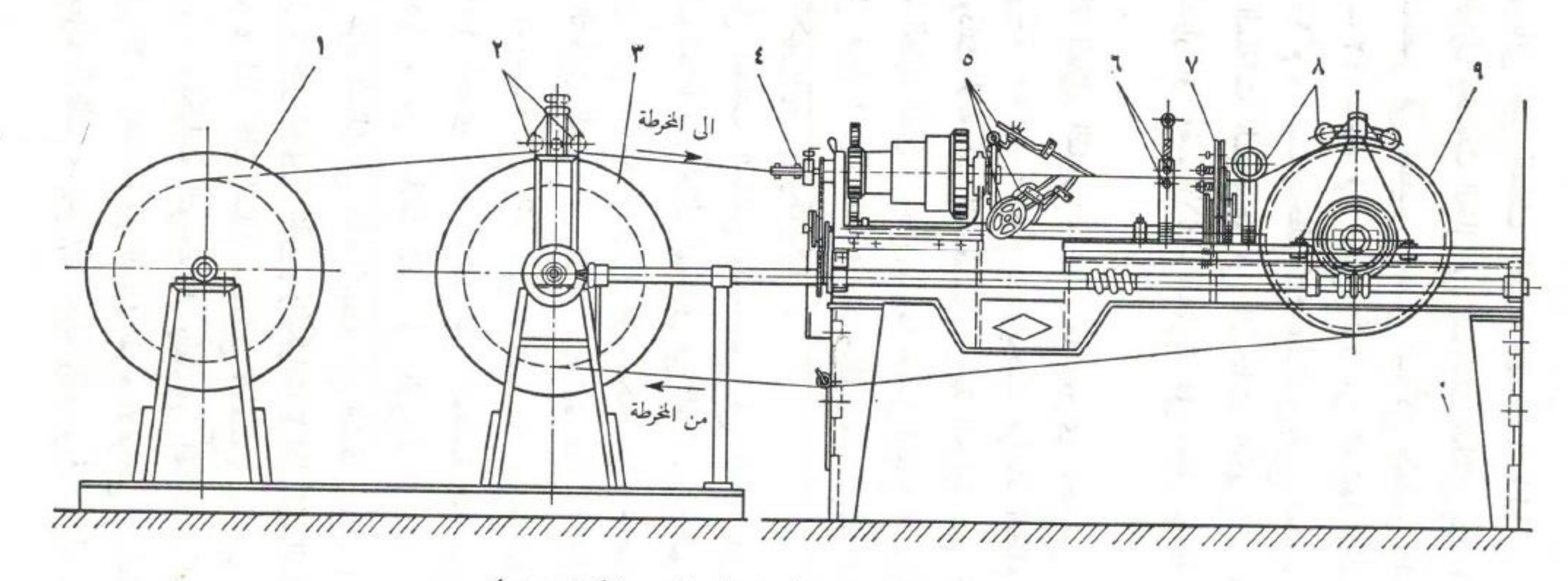
اما الملفات الموضوعة فى المكنات الكهربائية ذات العضو الساكن والعضو الدوار او عضو الانتاج الحاوية على مجار مغلقة ، فيتم فكها بسحب الاسلاك .

ولازالة العازل القديم ، غالبا ما يجرى تحميص الملف المفكوك فى الفرن بدرجة ٤٥٠ – ٥٠٠°م . ويجب مراعاة النظام الحرارى للتحميص بدقة ، وذلك لانه اذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك تتعقد فيما بعد عملية ازالة العازل الذى لم يحترق ، واذا حصل ارتفاع الحرارة عن الحد المسموح به يحصل فرط احتراق للسلك يؤدى الى تغيير بنية المعدن ، وتسوء بشدة خواصه الكهربائية والميكانيكية .

ويغسل الملف الساخن والمحمص فى الماء بدرجة ٦٠ – ٧٠°م ، حتى ينظف تماما من العازل المحترق فى الفرن . ومن ثم يجرى تقويم السلك بسحبه بين لقم خشبية ، وعزله على مكنة عزل خاصة .

وفى التطبيق العملى ، تجرى استعادة عازل اسلاك اللف فى الملفات المعطوبة ، بمساعدة النبائط التى تركب على مكنة الخراطة العادية . ويبين الشكل ١٠٤ احدى هذه النبائط غير المعقدة التصميم ، التى تؤمن عزل حتى ١٥٠٠ م من اسلاك اللف فى الوردية الواحدة .

ويتم عزل السلك فى هذه النبيطة على الشكل التالى : يأتى السلك العارى من الطنبور ١ عبر تجهيزة التقويم (البكرات ٢ اذا كان السلك دائرى المقطع ، او القالب ٤ اذا كان السلك مستطيل المقطع) ، وعبر العمود الدوار النافذ للمخرطة ، وبكرات التوجيه ٨ والطنبور القائد ٩ الى طنبور الاستقبال الاحتكاكى ٣ . وعند مرور السلك تقوم الاقراص ٥ بلفائف العازل الموجودة عليها ، بعزل السلك ، بدورانها حوله ولفه بورق العازل ، وتقوم البكرات ٦



الشكل ١٠٤ – مخرطة معدلة لعزل اسلاك اللف (مكنة ضفر) :
١ ، ٣ ، ٩ – طنابير ، ٢ – بكرات تقويم ، ٤ – قالب انثى للتقويم ، ٥ – اقراص ،
٦ – بكرات ضاغطة ، ٧ – نبيطة ضفر ، ٨ – بكرات توجيه

بتكبيس السلك المغطى ، اما النبيطة ٧ المؤلفة من اقراص دوارة تثبت عليها بكرات الخيطان القطنية، فتلف الخيطان على السلك المعزول لتثبت بمتانة العازل الورقى الموجود على السلك .

وغالبا ما يستخدم الشريط الورقى بسماكة ٠,٠٥ — ٠,١٢ مم وعرض ١٥ — ٢٥ مم او ورق الكابلات والاسلاك الهاتفية ، بمثابة مادة عازلة لأسلاك لف المحولات ، بحيث تلف على السلك حلزونيا مع التراكب بمقدار $\frac{١}{٣}$ او $\frac{١}{٢}$ عرض الشريط. اما الورق الرقيق (٠,٠٥ — ٠,٠٧ مم) فيلف على السلك بطبقتين او ثلاث طبقات ، بحيث تلف الطبقة السفلية بالتناكب ، اما العلوية فتلف بالتراكب بمقدار $\frac{١}{٢}$ عرض الشريط . وتلصق اطراف الشرائط مع بعضها وعند نهايات سلك اللف ، بواسطة اللك البيكاليتى .

وعند الحاجة للحصول على سلك معزول طويل جدا ، مثلا عند تحضير الملف المتواصل ، تلحم مسبقا قطع الاسلاك المحمصة بالتناكب ، ثم يعالج قسم الوصلة اللحامية بالبرادة لازالة السماكة الاضافية التى تتشكل فى مكان الوصلة .

البند ٣٥ — عزل المجارى وقطع تثبيت الملفات فى المكنات الكهربائية

تحتوى مجارى القلوب فى الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج ، على خشونة معينة قادرة على احداث التضرر لعازل الملفات الموضوعة فيها . ولذا يعزل كل مجرى فى القلب بعناية ، بحيث توضع فيه القطعة العازلة المصنوعة من الكرتون الكهربائى او مادة عازلة أخرى . ويقوم عازل المجارى بعزل اضافى للملف عن الفولاذ الفعال للقلب .

تستخدم غالبا علب المجارى المصنوعة من مواد عازلة ، بصفة عازل مجارى القلوب فى المكنات الكهربائية . وفى هذه الحالة يكون عازل المجارى عبارة عن علبة وحيدة الطبقة او متعددة الطبقات، تلتصق بجدران المجرى وقعره . ويتم اختيار مادة عازل المجارى تبعا لنوع القلب ومرتبة صمود المكنة ضد الاحماء (صنف العازل) . فللمرتبة A يستخدم الكرتون الكهربائى

او النسيج المشرب باللك ، وكذلك هذه المواد مجتمعة ؛ وللمرتبة B يستخدم الميكانيت المرن او النسيج الزجاجى . وعندما تكون مجارى القلوب نصف مغلقة ، يجب ان تكون علبة المجارى جسيئة بما فيه الكفاية ، كى لا تتجعد وتنطعج باسلاك اللف اثناء وضعها فى المجارى .

تستخدم علبة المجارى الثلاثية الطبقات ، والمؤلفة من شريطين من الكرتون الكهربائى وشريط من النسيج المشرب باللك يوضع بينهما ، على مدى عدة سنوات فى ملفات الاعضاء الساكنة .

ويمكن ان تخفض سماكة عازل المجارى بشدة عن طريق استبدال علبة المجارى التركيبية ، بالكرتون الكهربائى المغطى بغشاء ، وهو عبارة عن شريط من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,١٥ مم لصق عليه غشاء من الترياتسيتات سماكته ٠,٠٥ مم . وهكذا ينخفض عدد طبقات العازل ، ويحمى الغشاء من طعجه بأسلاك اللف بالصاقه الكرتون مع عدم بقاء الطبقة الهوائية والفقاعات.

تستخدم فى المحركات اللامتزامنة الحديثة ، على الاغلب عوازل امتن للمجارى . فمثلا ، فى المحركات المحمية ومن المرتبة E ، تستخدم بصفة عازل المجارى مادة اللافسان بسماكة ٠,٠٥ مم بالترافق مع الكرتون الكهربائى ЭВ بسماكة ٠,٢ مم والنسيج الزجاجى ЛСЭ-1 بسماكة ٠,١٧ مم . اما فى المحركات ذات التصميم المغلق للأبعاد من القياس الثانى حتى الخامس ، فيستخدم العازل المؤلف من اللافسان بسماكة ٠,٠٥ مم بالترافق مع الكرتون الكهربائى ЭВ بسماكة ٠,١٥ مم للمحركات من القياس ٢ — ٣ ، وبسماكة ٠,٢ مم للمحركات من القياس ٤ — ٥ .

يبين تحليل خرق العوازل فى المكنات الكهربائية الجارى اصلاحها ، حيث تكون العوازل على شكل علبة المجارى ، على ان أضعف مكان عادة هو مكان خروج العلبة من المجرى . ويفسر ذلك بانه عند وضع الملف يحصل شق العلبة او جرحها بزاوية الرايش . لذا ، فان الاجزاء البارزة من اسطوانات المجارى يجب ان تكون محمية ، ويمكن ان تستخدم الاجراءات التالية للحماية : برادة الزوايا الحادة للروايش قبل وضع الملف ؛ دعم بروزات

اسطوانات المجارى بعزل ادوات تثبيت الملفات ، الذى يجب ان يصل الى قعر المجرى ؛ تدعيم الاطراف البارزة للاسطوانات عن طريق طيها .

فى ورشات الاصلاح الكهربائى الصغيرة ، تنفذ يدويا عمليات قص المواد العازلة وتحضير عوازل المجارى ووضعها فى المجارى ، او مع استخدام وسائط المكننة البسيطة المصنوعة محليا لتنفيذ بعض العمليات .

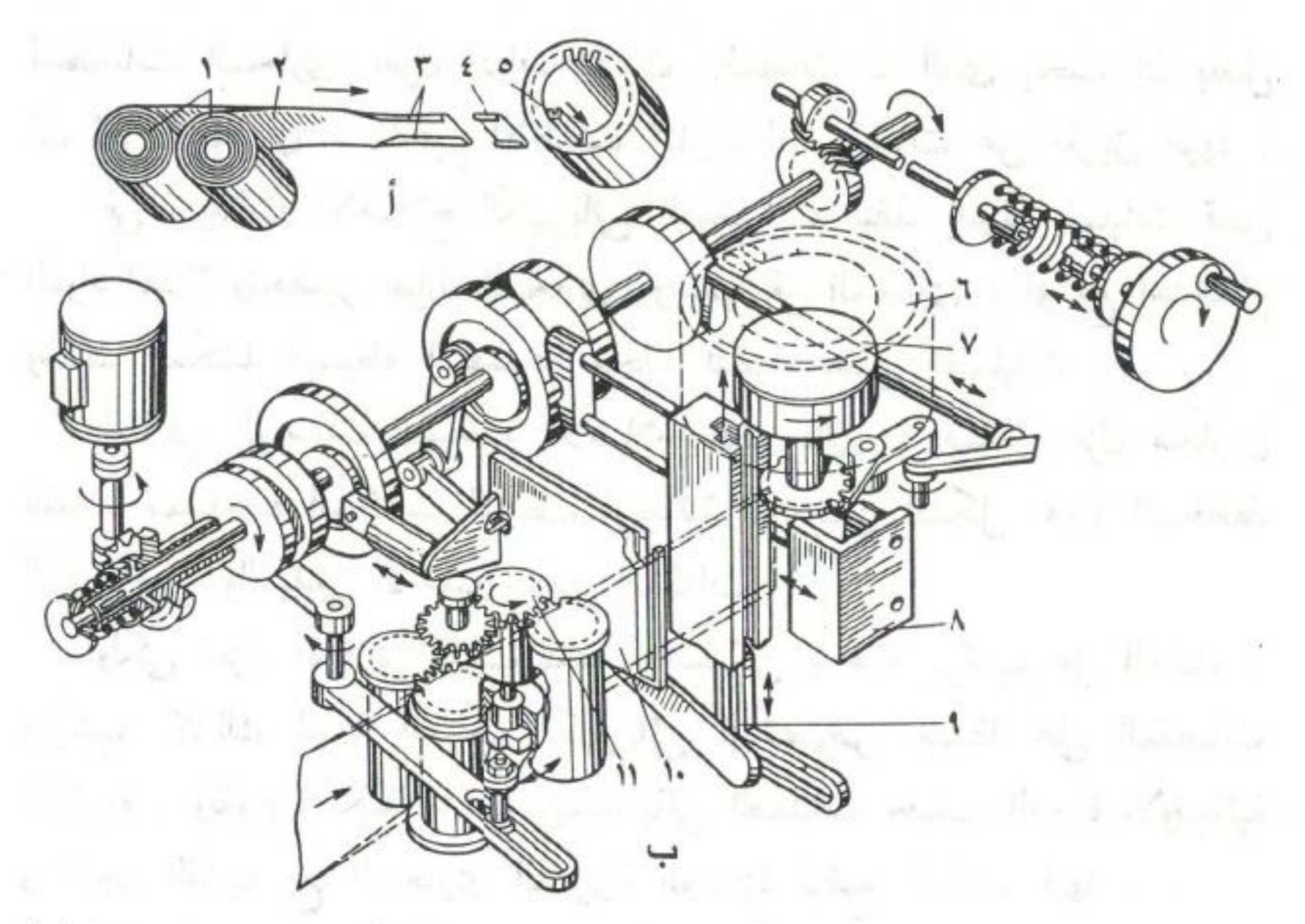
اما فى الورشات الضخمة للاصلاح الكهربائى ، فينفذ عزل مجارى القلوب بمساعدة المكنات النصف اوتوماتية ، ويبين الشكل ١٠٥ المخطط التكنولوجى والمبدئى لاحدى هذه المكنات .

ولكى نعزل مجارى القلب للعضو الساكن ، فانه يركب على المكنة ، وتركب كذلك لفيفة الكرتون الكهربائى المقصوص مسبقا على المقصات الدائرية . وتقوم المكنة بنفسها بتنفيذ باقى العمليات حسب الدورة الاوتوماتية و تنجز القلب مع المجارى المعزولة الجاهزة لوضع الملف فيها .

وتخصص هذه المكنة للعزل بعازل ثنائى الطبقات لمجارى الاعضاء الساكنة فى المحركات اللامتزامنة من السلسلة القياسية A2 و AO2 من الابعاد ذات القياسين الثانى والثالث . ويزود الجهاز النصف اوتوماتى ببكرات تبديلية لتأمين عزل الاعضاء الساكنة من القياسات الاخرى .

وتعمل هذه المكنة على الشكل التالى : يطوى شريطا المادة العازلة ٢ (الشكل ١٠٥ ، أ) المسحوبة عن الملفين ١ ، من الجانبين ٣ ، وتقص الى اغفال ٤ تتشكل منها العلبة ٥ ، وتوضع العلب بعدئذ بالتتابع فى مجارى العضو الساكن .

تأتى المادة العازلة الى المكنة بواسطة زوجين من الاعمدة ١١ (الشكل ١٠٥، ب) : الزوج الاول من الاعمدة يثنى الاكمام من جانبى الشريط اثناء التغذية بزاوية ٩٠°، ويقوم الزوج الثانى من الاعمدة بضغط الاكمام نحو الشريط . وبعد ان يمر الشريط بين السكاكين ١٠ لآلية القص ، يتوقف الشريط مقابل القالب (حركة الشريط متقطعة) . وبعد قص الشريط بالسكين ١٠ يقوم القالب الذكر ٨ بدفع الغفل الى قناة القالب المؤنث ، ليأخذ هناك شكل العلبة ، التى تتحرك بواسطة المرسل ٩ عند الشوط العكسى للقالب



الشكل ١٠٥ – المخطط التكنولوجى (أ) والمخطط المبدئى (ب) للمكنة النصف اوتوماتية لعزل مجارى الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية من السلسلة الموحدة A2 و AO2

الذكر ، من القالب المؤنث الى مجرى القلب فى العضو الساكن ٦ ، المركب على الرأس ٧ .

يدور الرأس دوريا بمقدار مجرى واحد ، بحيث يصبح المجرى فى كل مرة مقابل قناة القالب المؤنث. وان الاجهزة الاخرى الاوتوماتية والنصف اوتوماتية المخصصة لعزل مجارى الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج تختلف قليلا عن الجهاز النصف اوتوماتى المبين على الشكل ١٠٥ .

عند اصلاح المكنات الكهربائية تعزل ادوات تثبيت الملفات ايضا ، ولها تصاميم مختلفة . وان ماسك الملف هو عبارة عن فلكة مشكلة ملحومة او مسكوبة . وتقوم الفلكات بضغط الواح الفولاذ لقلوب الاعضاء الدوارة وأعضاء الانتاج ، ويرتكز الجزء الجبهى للملف على البروز الحلقى الموجود على الفلكة . ويعزل هذا البروز عادة بالكرتون الكهربائى ، وعند الحاجة

للحصول على عازل صامد للرطوبة والحرارة يعزل بالميكانيت . ويعزل ماسك الملف عادة حسب الطريقة التالية .

يدهن سطح ماسك الملف بلك صامد للحرارة والرطوبة ، ثم يوضع على كامل دائرة السطح شريط من النسيج القطنى بعرض يزيد قليلا عن ثلاثة اضعاف عرض ماسك الملف . ويوضع الشريط بحيث يتدلى شريط النسيج بعرض واحد من جانبى ماسك الملف . يثبت هذا الشريط بخيط يشد فى الوسط فى ثقب ماسك الملف . يدهن قسم النسيج الموجود على الاطار باللك .

وفوق النسيج والخيط توضع اشرطة محضرة مسبقا من الكرتون او الميكانيت المرن بعرض يزيد عن عرض ماسك الملف بمقدار ١٠ ــ ١٥ مم تقريبا . ثم يدهن الصف الاول من الكرتون او الميكانيت باللك ، ثم يوضع فوقه الشريط الثانى من الكرتون او الميكانيت ، هكذا . ويحسب الارتفاع الاجمالى للعازل المطبق (كرتون او ميكانيت)، بحيث ان قطر الجزء الجبهى لعضو الانتاج لا يزيد عن قطر الفولاذ فى عضو الانتاج ، بعد وضع جميع القطاعات فى مجارى عضو الانتاج ووضع الاربطة . لهذا الغرض ، من الضرورى القيام بحساب اولى للارتفاع الاجمالى المؤلف من سماكة عازل ماسك الملف ، وارتفاع القسم الجبهى للملف ، وسماكة العازل تحت الرباط ، وسماكة جميع طبقات سلك التربيط .

ويدهن العازل المطبق من الاعلى والجوانب باللك ، وبعد ذلك يثنى النسيج المشقق جزئيا على عرضه فى ٦ ــ ٨ اماكن ، من الجانبين على العازل ويسوى بعناية بحيث لاتتشكل فقاعات وتجعيدات كبيرة .

أسئلة للمراجعة

١ ــ ما هى المتطلبات الواجب توفرها عند تفصيل المواد العازلة ؟
٢ ــ ما هى المعدات التى تقص عليها المواد العازلة ؟
٣ ــ ما هى مميزات تحضير الاجزاء العازلة بطريقة القص بالقوالب ؟
٤ ــ كيف يجرى تكبيس الاكمام الميكانيتية للموحد ؟

الباب الثامن :

تكنولوجيا اصلاح الاجزاء العازلة والملفات فى المحولات

البند ٣٦ ـ المعلومات العامة عن اصلاح الملفات والعوازل

تعتبر الملفات والعوازل الداخلية للمحولات أكثر الاقسام المعرضة للتلف ، والتى غالبا ما تتعطل . فعند العمل الطويل الامد للمحول (خاصة فى نظام فرط التحميل المتكرر بكثرة) ، تنخفض بشدة المتانة الكهربائية لعازل ملفه ولعوازل الاجزاء الاخرى ، مما يؤدى فى ظروف معينة (رطوبة الزيت وغير ذلك) الى تعطل المحول وضرورة اصلاحه .

ولا يؤدى العمل الطويل الامد للمحول الى تعتيق العازل ، وانما كنتيجة لذلك ، الى تخفيض المتانة الميكانيكية ايضا للملفات ، وهذا يكون غالبا سببا لحوادث اعطال الملفات نهائيا .

ويبين التطبيق العملى لاستثمار المحولات ، التى جرى اصلاح ملفاتها بشكل جزئى (استعادة القسم المعطوب من الاسلاك والعوازل) ان عمل مثل هذا المحول عادة ، يدوم لفترة قصيرة . ولهذا السبب بالذات ، ففى معظم منشآت الاصلاح ، يؤول اصلاح الملفات والعوازل الى تصنيع ملفات جديدة واجزاء عزل جديدة .

يحتاج تصنيع الملفات الى استخدام كمية كبيرة من النبائط والمعدات والعدد التى يمكن تقسيمها شرطيا الى المجموعات الثلاثة التالية : نبائط لتصنيع ومعالجة الاجزاء العازلة ، ومعدات ونبائط للف الملفات ، تجهيزات لمعالجة وتحريك الملفات .

وحسب درجة تخصص النبائط ، فان المعدات والعدد تقسم الى معدات وعدد شاملة الاغراض ، ومخصصة لتصنيع الملفات المختلفة الابعاد والانواع ، والى معدات وعدد متخصصة لتصنيع ملفات من نوع او قياس

معين . وفى معامل الاصلاح الكهربائى تستخدم بشكل رئيسى المعدات الشاملة الاغراض ، ونادرا ما تستخدم النبائط والمعدات والعدد المتخصصة .

البند ٣٧ ـ تصنيع الاجزاء العازلة للمحولات

تصنع معظم الاجزاء العازلة المستخدمة فى المحولات المملوءة بالزيت ، من الكرتون الكهربائى ماركة A ، Б ، B ، Γ الذى يتمتع بمتانة كهربائية تعادل ٤٠ ـ ٥٥ كيلوفولط .

ولعزل اسلاك اللف يستخدم ورق الكابلات ماركة K-080 ، K-120 ، K-170 ، KB-030 ، KB-045 ، KB-080 ، KB-120 ، KB-170 . KB-240 ويستخدم ورق الكابلات ماركة K فى المحولات التى تصل فلطيتها حتى ٣٥ كيلوفولط ، وماركة KB فى المحولات التى تزيد فلطيتها على ٣٥ كيلوفولط . وتدل الارقام المبينة فى الماركة بعد الاحرف على سماكة الورق بالميكرونات .

تتحدد كمية المواد العازلة وماركاتها وكذلك العدد والنبائط الضرورية لتصنيع الاجزاء العازلة ، تبعا لتصميم الملف وابعاده ومرتبة فلطيته .

وتنحصر عملية تصنيع العديد من الاجزاء العازلة فى تعليم الكرتون وتفصيله وقصه وكبسه وتلصيقه .

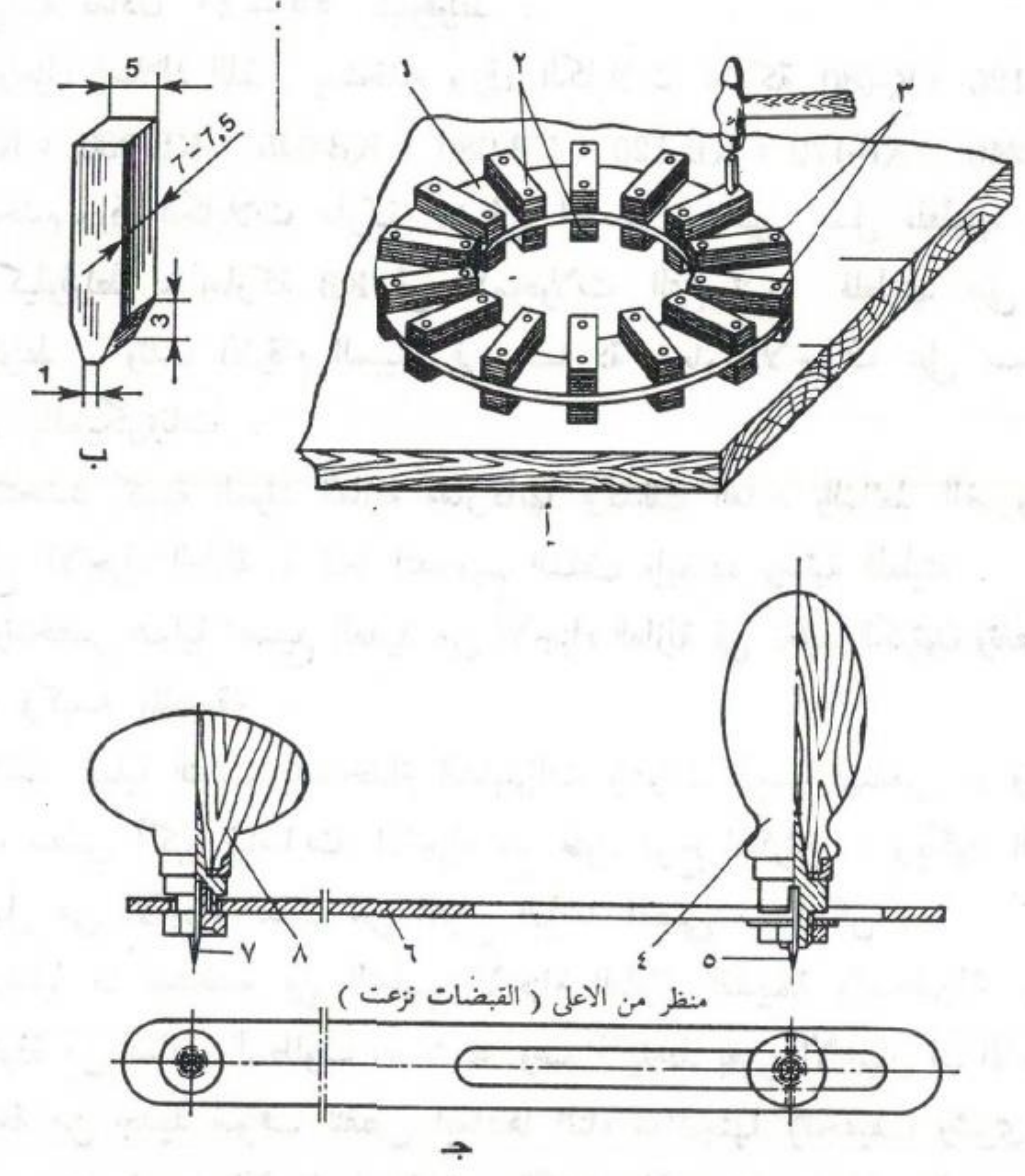
تنفذ عملية التعليم باستخدام الشابلونات وادوات الرسم الهندسى ، وذلك بحيث تنطبق أكبر قياسات الاجزاء مع طول لوح الكرتون ، ويكون العدد الحاصل من الاجزاء العازلة من اللوح الواحد اقصى ما يمكن .

وغالبا ما تستخدم فى التعليم الاجزاء العازلة القديمة والمحفوظة جيدا والمأخوذة من الملف المطلوب اصلاحه. وعندئذ يؤخذ بعين الاعتبار ان الاجزاء المصنعة من جديد سوف تنقص ابعادها اثناء معالجتها (تجفيف وشوى) .

ويجرى تفصيل الاجزاء العازلة من الكرتون الكهربائى الجاف والمستقر . ولتجفيف الواح الكرتون ، فانها توضع بشكل رزم فى كل منها ٤٠ ـ ٥٠ لوحا ، وتوضع على الرزم صفائح خشبية ٣٠×٥٠ مم وتبقى ٢٥ ـ ٣٠ يوما فى مبنى جاف ومدفأ بدرجة ٢٥°م .

ويجرى تفصيل الكرتون الكهربائى وتصنيع الاجزاء العازلة بواسطة المقص اليدوى للفلكات ، والمقصلة والمقص الاهتزازى ، وكذلك بواسطة انواع اخرى من المكنات والنبائط (انظر البند ٣١) .

تصنع الاجزاء الخشبية العازلة بواسطة المنشار الدائرى او الشريطى . وتثبت الاجزاء العازلة الخشبية والكرتونية بالصمغ والتباشيم المصنوعة من الكرتون الكهربائى .



الشكل ١٠٦ – تجميع العازل الطوقى لملف المحول (أ) ، مقص الفلكات اليدوى (ب) ، والتبشيمة الكرتونية (جـ) :

١ – فلكة ، ٢ – تساميك من عدة طبقات من الكرتون الكهربائى ملصقة ببعضها ، ٣ – تباشيم خشبية ، ٤ – قبضة السكينة ، ٥ – سكينة ، ٦ – صفيحة فولاذية ، ٧ – ابرة ، ٨ – قبضة الابرة

ويبين الشكل ١٠٦ ، أ تجميع عازل النير لملف المحولات من القياسات II و III .

يمكن قص الفلكة ١ (الشكل ١٠٦ ، أ) من الواح الكرتون الكهربائى بسماكة ٢ ـ ٤ مم بمساعدة مقص الفلكات (الشكل ١٠٦ ، ب) المؤلف من القبضة ٤ مع السكينة ، المثبتة فى شق الصفيحة الفولاذية ٦ ، ومن الابرة ٧ مع القبضة ٨ .

حسب معطيات القياسات المنفذة يرسم بالفرجار على الكرتون القطران الخارجى والداخلى للفلكة . وبعد وضع الابرة ٧ لمقص الفلكات فى مركز الدائرة ، ووضع السكينة ٥ على خط الدائرة الأكبر ، نقص الكرتون اولا بخط الدائرة الخارجية وثم بخط الدائرة الداخلية للفلكة ، وذلك بتدوير القبضة ٤ مع السكينة ٥ . وتقص الصفائح مع الاخذ بعين الاعتبار لاتجاه الالياف ، بطول أو بعرض الالياف . وتنجم ضرورة مراعاة هذا الطلب ، كما ذكر اعلاه ، عن اختلاف درجة الانكماش لصفائح الكرتون الكهربائى ، المقصوصة على طول الالياف ، مما يؤدى الى الاعوجاج وانزياح الطبقات اثناء عملية التجفيف او بعدها .

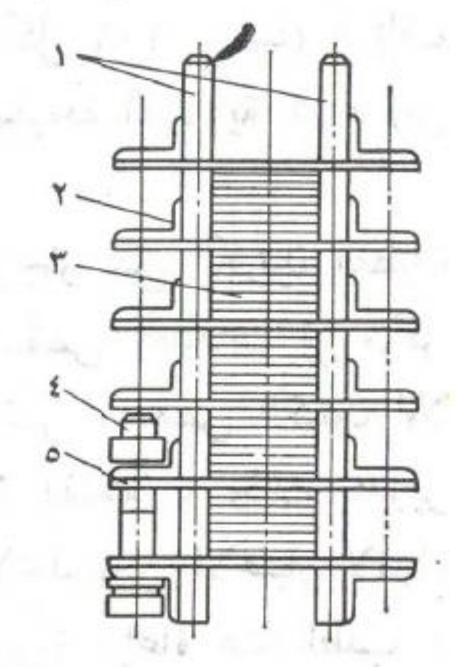
تغطى الصفائح المنفصلة لأغفال عازل النير بطبقة رقيقة من اللك البيكاليتى ، وتجفف بطريقة التجفيف الهوائى ، ومن ثم تجمع حتى السماكة المطلوبة وتربط بخيط من التفتا . وتجمع التساميك من الصفائح المستطيلة المحضرة من الكرتون الكهربائى ، وتلصق مع بعضها بصمغ ينحل بالماء من متيل السليلوز ، ومن ثم تكبس فى النبيطة المبينة على الشكل ١٠٧ .

وفيما بعد تعلم على الفلكة بالطباشير اماكن وضع التساميك ، وتثقب الثقوب المخصصة للتباشيم فى التساميك والفلكة فى نفس المرة . وتثقب احدى التساميك لكامل سماكتها ، والثانية تثقب بما لا يزيد عن ٠,٢٥ من سماكتها .

وبعدئذ توضع الفلكة مع طاقم التساميك على الطاولة بحيث تكون الثقوب للأعلى ، ويدهن احد جانبى التساميك المجاورة للفلكة باللك البيكاليتى ، وتوضع على الفلكة ، وتدق التباشيم ، المدهونة مسبقا باللك البيكاليتى .

وتحضر للتباشيم (انظر الشكل ١٠٦ ، ج) من الواح الكرتون الكهربائى ، الملصقة بصمغ المتبل السليلوزى .

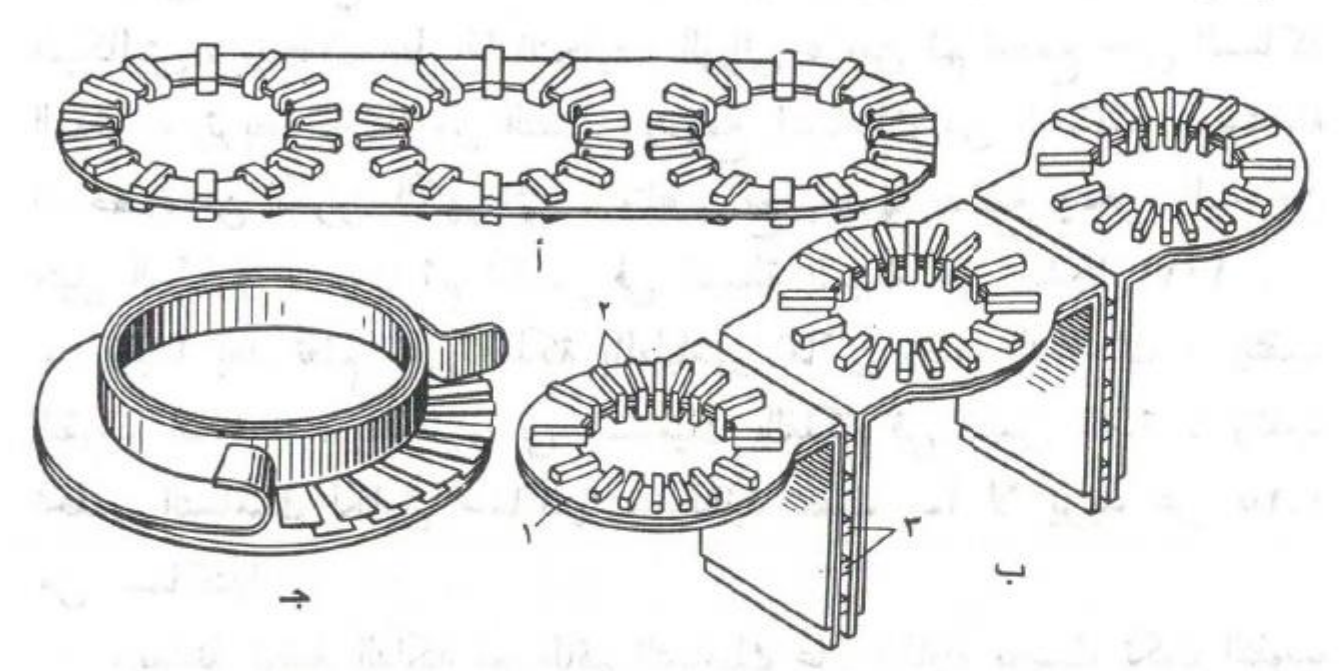
وتثبت التساميك على الفلكة بتبشيمتين أو ثلاثة تبعا لطول التسميكة .



الشكل ١٠٧ – نبيطة لكبس التساميك وجرائد الكرتون الكهربائى : ١ – قضبان فولاذية ، ٢ – زاوية ، ٣ – القطع المكبوسة ، ٤ – لولب مع صامولة ، ٥ – صفيحة ضاغطة فولاذية

وتستخدم النبيطة المبينة على الشكل ١٠٧ كذلك لضغط القضبان والاجزاء الاخرى من الكرتون الملصق بصمغ الميتيل السليلوزى .

وتصنع اجزاء العازل التعادلى من الكرتون الكهربائى بشكل مشابه للطريقة الموصوفة اعلاه .

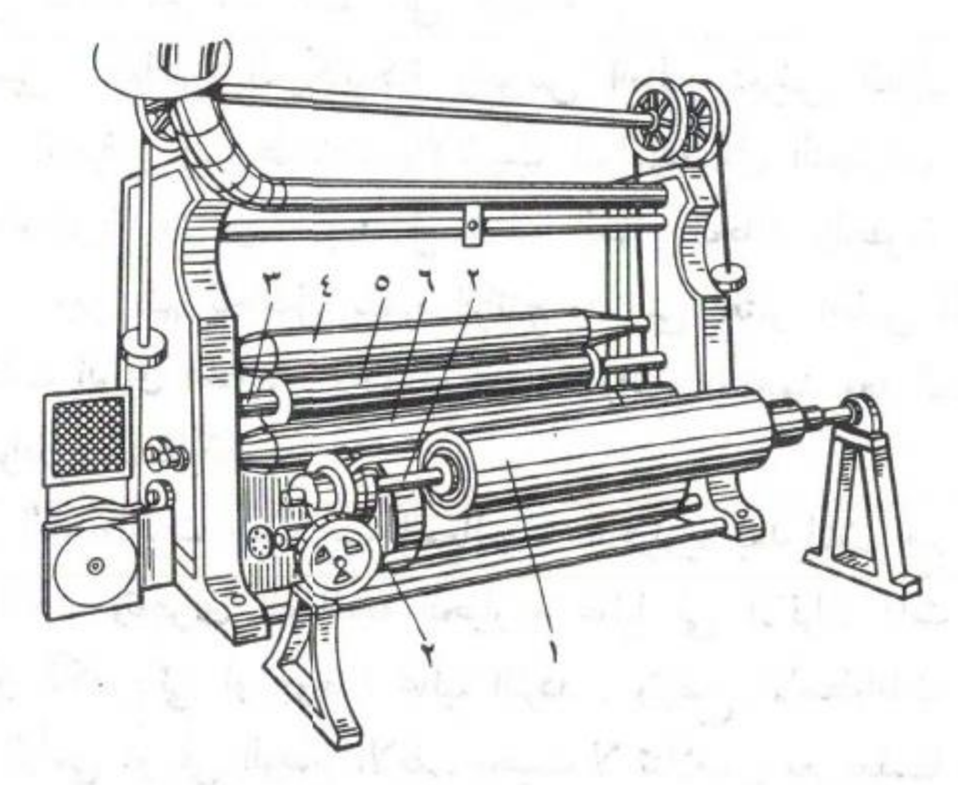


الشكل ١٠٨ – اجزاء العازل الرئيسى من الكرتون العازل كهربائيا :
أ – حاجز مستو مع تساميك على شكل Π ، ب – حاجز بين الاطوار ، ج – فلكة زاوية «طرية» ؛ ١ – فلكة ، ٢ – تسميكة على شكل Π ، ٣ – تساميك التباعد المكبوسة

ويبين الشكل ١٠٨ أجزاء العازل الرئيسى لمحولات القدرة ، المصنوعة من الكرتون العازل كهربائيا .

أن المصانع المخصصة لاصلاح المحولات ذات القياسات والقدرات المتنوعة ، تحتوى على مجموعة المعدات اللازمة لتصنيع جميع العوازل التى تصادف فى المحولات القديمة والحديثة ، بما فى ذلك معدات تصنيع ومعالجة الانابيب والاسطوانات الورقية ـ البيكاليتية .

تصنع الانابيب والاسطونات الورقية البيكاليتية من الورق البيكاليتى ، وتلف الاسطوانات والانابيب على مكنة خاصة (الشكل ١٠٩) .



الشكل ١٠٩ ـ مكنة لتصنيع الاسطوانات العازلة :
١ ـ لفيفة من الورق البيكاليتى ، ٢ ـ عمودا التوجيه والشد ، ٣ ـ شياق ، ٤ ـ عمود ضاغط ، ٥ ـ العازل الملفوف ، ٦ ـ عمود يسخن كهربائيا

قبل بدء العمل يتم تشغيل تجهيزة التسخين فى المكنة ، ويسخن عمود اللف حتى الدرجة المحددة تبعا للك المستخدم وسماكة جدار المنتج وقطره : تكون درجة الاحماء فى حدود ٥٠ ـ ١٠٠°م .

ويتم اللف حسب الطريقة التالية : توضع لفيفة الورق البيكاليتى ١ على العمود ويتم ادخال طرف الورقة داخل مكنة اللف بحيث يتلامس جانب

الورقة الخالى من اللك مع العمود ٢ ، بينما يتوجه الجانب المدهون باللك نحو السياق ٣ وعندما تلف المادة العازلة على الاعمدة المسخنة ٦ ، فان الراتنج الموجود على سطحها ينصهر ويلصق الطبقات الملفوفة من المادة العازلة .

ونتيجة لشد المادة بشكل قوى والتأثير الحرارى عليه ، نحصل على عازل متماسك عديد الطبقات .

يتم فحص سماكة الاجزاء العازلة اثناء عملية اللف وبعد انتهائها ، وذلك بالبياكوليس (القدمة المنزلقة) والشابلونة وبمساعدة عداد الدورات او مقياس السماكة المركب على المكنة .

ولتحسين الخواص الميكانيكية وخواص العزل يتعرض العازل للمعالجة الحرارية . وتتعرض الاسطوانات والانابيب الملفوفة الى التجفيف فى بداية المعالجة الحرارية ، حيث يحصل تبخر المواد الحالة والرطوبة الموجودة فى العازل . ومن ثم تحصل بلمرة الراتنج ، التى تعتبر اساس اللك الذى يلصق طبقات الورق العازل . وعندئذ يتجمد الراتنج وتتجمد معه المواد الليفية وتأخذ الخواص المطابقة .

تجتاز الاسطوانات والانابيب المعالجة الحرارية بعد اللف مع الشياقات المركبة عليه . وتجرى المعالجة الحرارية غالبا فى الافران ذات التسخين البخارى او الكهربائى او بوحدة عالية التردد . وتوضع الاسطوانات والانابيب فى الوضع الرأسى او فى الوضع الافقى بحيث لا تتلامس مع بعضها البعض ، وان بينها طبقة هوائية لا تقل عن ١٠ مم .

يجب ان لا تزيد درجة حرارة فرن التجفيف عن ٦٠ — ٨٠ م عند شحنه بالمنتجات ، وتبقى المنتجات فيه عند هذه الدرجة المذكورة لمدة ساعة واحدة ، وبعد ذلك ترفع درجة الحرارة تدريجيا الى ١٢٠ — ١٦٠°م . ويتعلق زمن المعالجة الحرارية بسماكة جدران المنتجات ودرجة حرارة الفرن ، ويعادل وسطيا من ٨ الى ١٠ ساعات . وعند انتهاء المعالجة الحرارية يفصل التسخين وتنزع المنتجات من الفرن .

وتنزع المنتجات الجاهزة عن الشياقات بحيث لا تتضرر ، ثم تتعرض

للمعالجة الانجازية ، التى يتم اثناءها قص الحواف ونزع الروايش وتنظيف الحواف الحادة ، ثم تدهن باللك : مرة واحدة تدهن الانابيب المخصصة لعزل مأخذ التفريعات ، وكذلك الاسطوانات المخصصة لعزل ملفات المحولات التى تصل فلطيتها حتى ٣٥ كيلوفولط ، اما بالنسبة للمحولات التى تزيد فلطيتها عن ٣٥ كيلوفولط فتدهن الانابيب والاسطوانات مرتين ، وذلك بتغطيسها فى حوض من اللك مع التجفيف اللاحق فى الهواء وفى الفرن الذى تكون درجة حرارته الاولية ٦٠ — ٧٠°م ثم تصل حتى ١٠٠ — ١٢٠°م .

وان تكنولوجيا تصنيع جميع انواع الاجزاء العازلة للمحولات غير معقدة : فهى تصنع عن طريق تنفيذ نفس العمليات تقريبا (تقطيع ، قص ، تغطية باللك ، توصيل ، تدعيم ، لف ، معالجة حرارية ، تنظيف ، دهان باللك ، تجفيف) .

البند ٣٨ — لف الملفات الاسطوانية

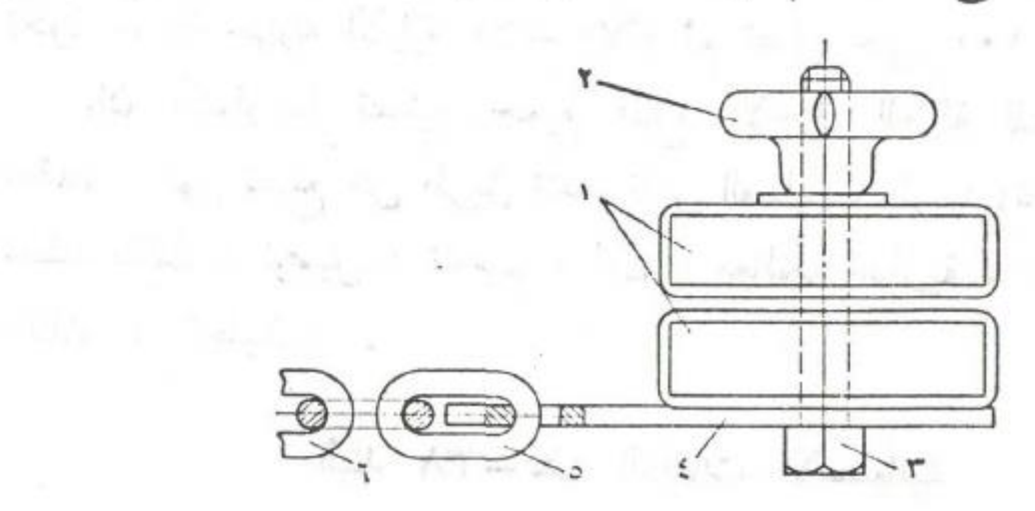
تستخدم عادة الملفات الاسطوانية البسيطة والثنائية الطبقات بصفة ملفات منخفضة الفلطية اى بفلطية تقل عن ٦٦٠ فولط فى المحولات التى تقل قدرتها عن ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير .

يلف الملف الاسطوانى البسيط الاحادى الطبقة (انظر الشكل ١٠ ، أ) بطبقة واحدة من سلك واحد او عدة اسلاك متوازية مقطعها مستطيل الشكل .

ويتألف الملف الاسطوانى الثنائى الطبقة (انظر الشكل ١٠ ، ب) من لفات السلك الذى يكون مقطعه مستطيل الشكل ، والملفوف بطبقتين ، مع الانتقال من طبقة الى اخرى عادة فى القسم السفلى للملف . وتوضع بين الطبقتين عوازل من الورق او الكرتون الكهربائى الرقيق ، او توضع بانتظام على محيط الدائرة عدة قضبان تشكل قناة تبريد رأسية . ولتسوية الحواف الجانبية للملف تستخدم حلقات متقطعة اسفينية الشكل توضع على طرفى كل طبقة .

وتنفذ عملية لف الملف الاسطواني بسلك مستطيل المقطع ، على الطريقة التالية .

تركب شابلونة خشبية قابلة للفك على عمود الدوران فى مكنة اللف بين قرصين من الجيتيناكس * ، وتكون الشابلونة مقطوعة الى قسمين من جانب الى آخر ويميل القص بزاوية معينة على المحور ، ثم تلف الشابلونة بطبقة واحدة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٣ مم ، وتثبت بشريط من النسيج القطنى ثم تدهن بالبرافين . وتنفذ عملية لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات مع استخدام نبيطة للشد (الشكل ١١٠) ، مؤلفة من لقمتين



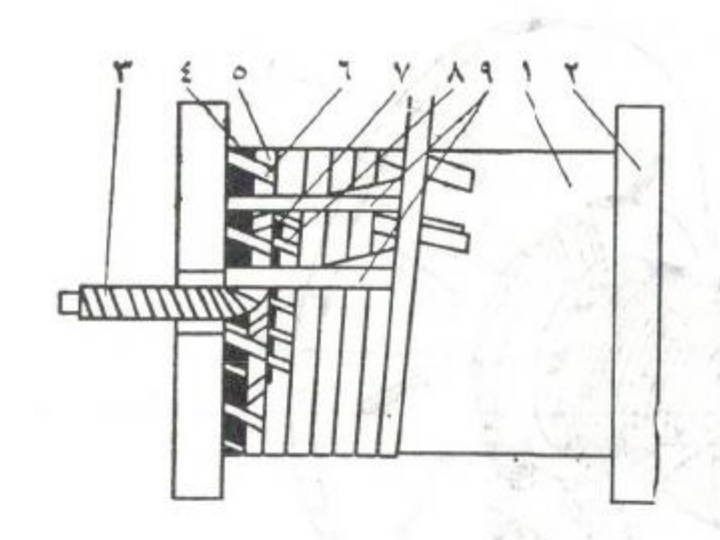
الشكل ١١٠ – نبيطة الشد :
١ – لقم لولبية خشبية ، ٢ – صامولة تشكيلية (نجمة) ، ٣ – لولب ، ٤ – صفيحة فولاذية ، ٥ – حلقة توصيل ، ٦ – سلسلة (جنزير)

خشبيتين مصقولتين ١ ينضغط بينهما السلك (الاسلاك) . وتثبت هذه النبيطة مع دعامة الفرملة بواسطة الجنزير ٦ .

ولتشكيل طرف المأخذ يثنى سلك اللف بزاوية قائمة وبواسطة نبيطة للثنى ، ثم يعزل طرف المأخذ حسب المخطط ويوضع فى شق القرص المصنوع من الجيتيناكس (من جهة الصينية الدوارة) ، ويثبت مع عمود الدوران للمكنة بممسك خاص او بشريط قطنى .

ولتسوية السطح اللولبى للفة الاخيرة تلبس على الشابلونة حلقة تسوية مشقوقة ومصنوعة من الورق البيكاليتى ، ويتم تثبيت الحلقة بربطات من شريط الكيبر (على شكل ٨) وذلك اثناء لف اللفة الاولى للطبقة الاولى (انظر

* الجيتيناكس – الورق الطبقى الراتنجى (ملاحظة المترجم) .



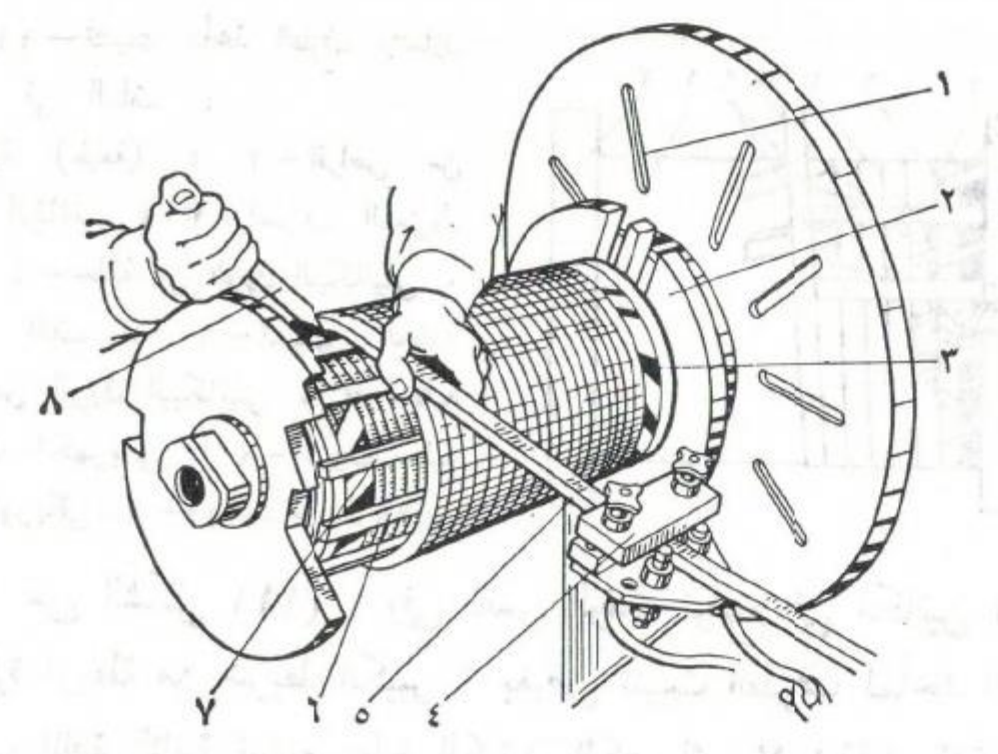
الشكل ١١١ – تثبيت مأخذ الطرف والعازل فى الملف :
١ – شابلونة (طبعة) ، ٢ – اقراص من البلاستيك الرقائقى ، ٣ – الطرف المعزول للمأخذ ، ٤ – حلقة من الورق البيكاليتى ، ٥ – سلك اللف ، ٦ – تثبيت الحلقة المصنوعة من الورق البيكاليتى ، ٧ – علبة من الكرتون الكهربائى ، ٨ – تثبيت علبة الكرتون الكهربائى ، ٩ – ربطات شريط الكيبر

الوضع ٦ على الشكل ١١١) . وفى نفس الوقت توضع فى مكانين او ثلاثة على الدائرة اربطة من شريط الكيبر ٩ بغرض تثبيت الطرف لمأخذ الملف . واثناء لف اللفة الثانية توضع علبة الكرتون الكهربائى ٧ (مقابل ثنية المأخذ الاولى) ، وتثبت بشريط ٨ من التفتا . ثم نواصل عملية لف اللفات اللاحقة مع وضع اللفات بشكل متراص على بعضها البعض فى الاتجاه المحورى ، ويسجل العداد عدد لفات الملف . وبعد الانتهاء من لف ٥ – ٦ لفات من الطبقة الاولى يتم تطريق اللفات الملفوفة باسفين من الخشب او الفيبر ، ثم تثبيتها بشريط ٩ من الكيبر . ثم ينزع التثبيت من الشابلونة عن الكرتون الكهربائى وتستمر عملية لف الطبقة الاولى مع متابعة تطريق اللفات اثناء اللف .

وقبل الوصول الى نهاية لف الطبقة الاولى بلفة واحدة توضع حلقة التسوية المصنوعة من الورق البيكاليتى ويتم انهاء لف الطبقة الاولى مع تثبيت حلقة التسوية فى الوقت ذاته ، كما ذكر اعلاه .

عند الانتقال للف الطبقة الثانية للملف توضع لاطات خشبية (قضبان) لجعل مسافة بين الطبقتين ، وذلك بالتناوب مع العوارض التكنولوجية المصنوعة من الخيزران ، المدهونة مسبقا بالبرافين . وتثبت اللاطات والعوارض مؤقتا بشريط من الكيبر .

توضع العوارض التكنولوجية لكى تأخذ الطبقة الثانية شكلا اسطوانيا صحيحا ، ويجب ان تكون أرق من اللاطات الثابتة بمقدار ٠,٥ مم لتسهيل نزعها بعد لف الملف . وفى نفس الوقت ، عند لف اللفة الاولى للطبقة



الشكل ١١٢ – لف الملف الاسطوانى للفلطية المنخفضة :
١ – صينية المكنة ، ٢ – قرص الشابلونة المصنوع من البلاستيك الرقائقى ، ٣ – تثبيت الحلقة المصنوعة من الورق البيكاليتى ، ٤ – نبيطة الشد ، ٥ – سلك اللف ، ٦ – لاطة من البلاستيك الرقائقى ، ٧ – صفيحة تكنولوجية ، ٨ – اسفين من الفيبر

الثانية تثبت حلقة النسوية البيكاليتية . واثناء عملية اللف تطرق كذلك لفات الطبقة الثانية باسمين من الخشب او الفيبر (الشكل ١١٢) . وعند لف اللفة الاخيرة توضع حلقة التسوية البيكاليتية وتثبت برباط اثناء لف اللفة الاخيرة .

وعند انتهاء اللف يقص السلك بمقص يدوى خاص ، مع ترك طول معين لطرفه ، ويثنى المأخذ الطرفى بزاوية ٩٠° ، ثم يعزل حسب المخطط ويوضع فى شق القرص المصنوع من الجيتيناكس . ويثبت طرف مأخذ الملف بشكل مضمون بواسطة رباط من شريط الكيبر بمعدل ٦ – ٨ لفات تغطى بعضها البعض ، وبعد الانتقال يتم تربيط الطبقة العلوية للملف على طولها كله مع التغطية النصفية لشريط التربيط . ثم ينزع الملف من المكنة ، وتنزع الشابلونة منه ، ويربط باربع مشدات دائرية من شريط الكيبر توزع بانتظام على طوله ، ويرسل الى المعالجة التكنولوجية اللاحقة .

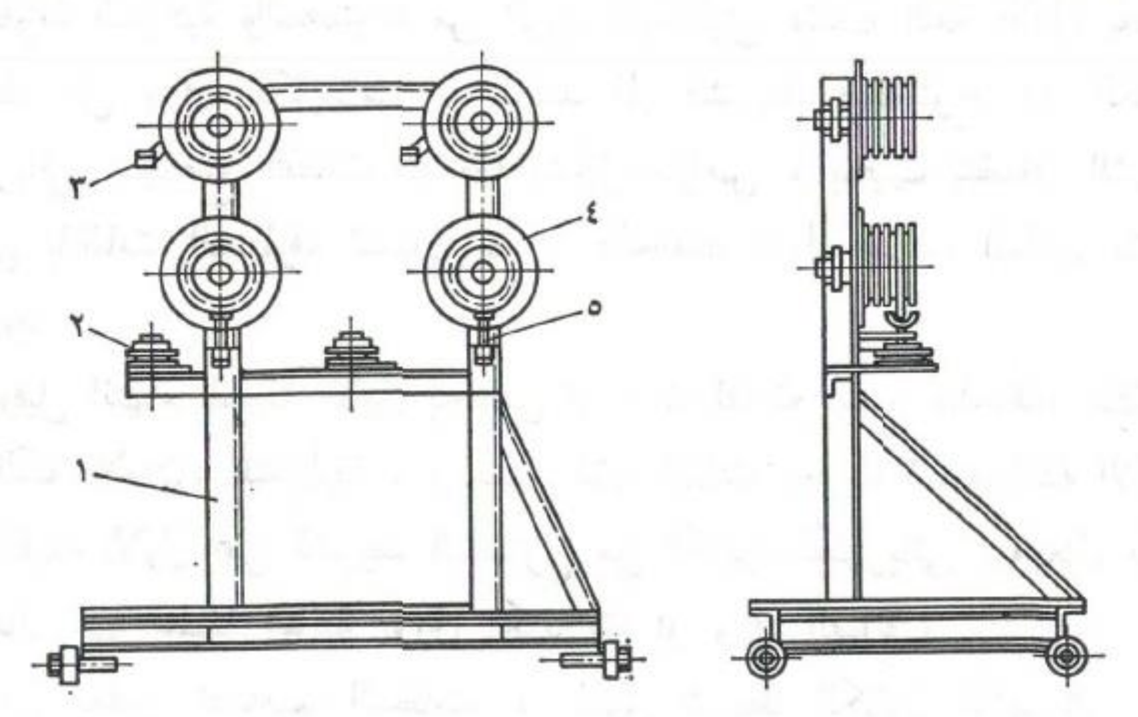
ويلف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات (انظر الشكل ١٠ ، ج) عادة من سلك دائرى المقطع . وتتألف طبقة الملف من لفات ملفوفة بخط

16—1031

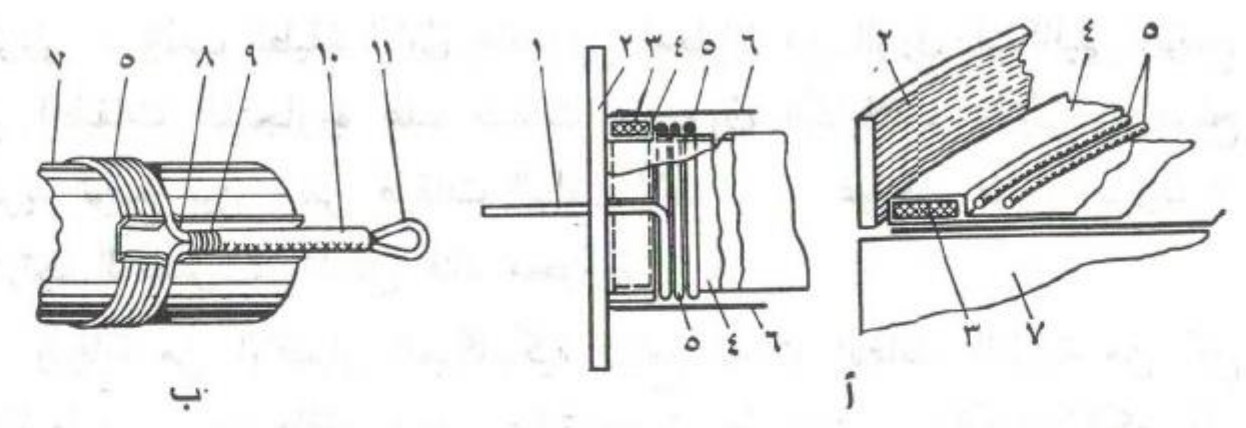
حلزونى ، وتلف الطبقة الاولى عادة على اسطوانة من الورق البيكاليتى وتوضع بين الطبقات المتجاورة عدة طبقات من ورق الكابلات . ولزيادة سطح التبريد توضع بين بعض طبقات الملف لاطات او عوارض من الخيزران او الكرتون الملصق ، تشكل قناة محورية .

وللوقاية من الاضرار الميكانيكية يوضع تحت اللفات الطرفية من كل طبقة ما يسمى «بالحافة» ، وهى عبارة عن شريط ضيق من الكرتون الكهربائى بسماكة ٢ مم ملصق على شريط اعرض من ورق الكابلات . وخلال عملية لف كل طبقة ينضغط شريط ورق الكابلات باللفات ، اما شريط الكرتون فيقوم بدور مسند الملف ، وبدور الجزء العازل الاضافى الذى يحمى اللفات الاخيرة من الاضرار الميكانيكية .

قبل بدء لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات بسلك دائرى المقطع ، على دعامة خاصة (الشكل ١١٣) ، يتم ادخال طرفى السلك فى بكرة الشد ٤ . ويتم ضبط شد السلك عن طريق تغيير قوة فرملة البكرات بمساعدة تجهيزة الفرملة ٥ ، وذلك لتأمين تراص لفات على الشابلونة . ويبدأ اللف ن ثنى وعزل طرف الملف الذى يثبت بعدئذ على الشابلونة . ويبين الشكل



الشكل ١١٣ — منصب من اجل لف السلك الدائرى :
— اطار المنصب (الدعامة) ، ٢ — جلب كروية ، ٣ — العازل الملفوف ، ٤ — بكرة عليها مجار ، ٥ — تجهيزة الفرملة



الشكل ١١٤ – لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات بسلك دائرى المقطع :
أ – تثبيت العازل الطرفى الاستنادى ، ب – تفريع الربطات وعزلها ؛ ١ – تفريعة ، ٢ – فلكة استنادية ، ٣ – عازل طرفى («حافة» من الكرتون الكهربائى) ، ٤ – ورق كابلات ، ٥ – لفات الملف ، ٦ – العازل ما بين الطبقات ، ٧ – شابلونة ، ٨ – علبة من الكرتون الكهربائى ، ٩ – حزام الربطة ، ١٠ – انبوبة من النسيج المشرب باللك ، ١١ – نهاية الربطة

١١٤ ، أ طريقة تركيب وتثبيت العازل الاستنادى الطرفى لكل طبقة من طبقات الملف «الحافة» .

وتجرى عملية اللف على احدى مكنات اللف المبينة على الشكلين ٩١ ، أ و ٩٢ .

تبعا لاتجاه اللف (من اليسار او من اليمين) توضع «الحافة» على الاسطوانة المركبة والمصنوعة من الورق البيكاليتى وتلف اللفة الاولى بحيث تضغط على ورق الكابلات ، وتستند الى الشريط المصنوع من الكرتون الكهربائى . وتوضع اللفات اللاحقة بشكل متراص ، بحيث ينضغط الشريط الورقى باللفات المتطرفة للملف ، اما «الحافة» فتعزل طرف الملف بشكل مضمون .

وقبل انتهاء الطبقة الاولى بخمس او ست لفات توضع «الحافة» بتلامس مع فلكة الاستناد للشابلونة ، ويستمر لف اللفات بحيث تستند اللفة الاخيرة من الطبقة الاولى على الشريط المصنوع من الكرتون الكهربائى . ويعزل مكان الانتقال الى الطبقة الثانية بورق الكابلات او ورق الهواتف .

فى بعض تصاميم الملفات ، يلصق شريط الكرتون الكهربائى بلك بيكاليتى على اسطوانة الملف (وفى الطبقات اللاحقة تلصق على العازل الموضوع بين الطبقات) اثناء عملية اللف . وفى بعض الاحيان (عندما يكون مقطع

السلك كبيرا) توضع من طرفى الملف فى كل طبقة حلقات بيكاليتية ، وتثبت هذه الحلقات على اللفات اثناء عملية اللف بواسطة ربطات من شريط الكيبر .

وكما يبين الشكل ١١٤ ، أ فان العازل ما بين الطبقات يوضع على كل ارتفاع الملف بما فى ذلك ارتفاع «الحواف» ، علما بان بداية الطبقة الاولى من العازل الذى يكون من ورق الكابلات ، توضع تحت اللفة الثانية والثالثة ، اذا تم العد من نهاية الطبقة ، وتلف هذه اللفات مع العازل ما بين الطبقات بحيث ان اللفة الاولى للطبقة اللاحقة تخرج من تحت اللفة الاخيرة لورق الكابلات . وبعدئذ ، كما سبق ، يوضع العازل الطرفى (الحافة) وتلف الطبقة الثانية وهكذا .

ولتشكيل قناة التبريد المحورية ، توضع بشكل منتظم لاطات المسافة التى تصنع من الخشب او الكرتون الكهربائى . ولكى نحافظ على الشكل الاسطوانى الدائرى للملف ، توضع بالاضافة الى اللاطات الدائمة ، لاطات اخرى مؤقتة تتناوب مع الدائمة . وتثبت اللاطات بشريط من الكيبر ، ويوضع العازل الطرفى وتلف اللفات الاولى للطبقة التالية للملف . وبعد نزع الشريط الذى يثبت اللاطات نستمر فى اللف .

ويتم عادة تحضير التفريعات المخصصة لتعيير الفلطية ، عن طريق لحام المونة مع السلك لصفائح من الشريط النحاسى ذى المقطع المساوى لمقطع السلك . وعندما لا يكون مقطع السلك كبيرا ، تنفذ التفريعات بعقدة من نفس سلك اللف ، كما هو مبين على الشكل ١١٤ ، ب . ويتم عزل التفريعات بالنسيج المشرب باللك مع وضع شرائط (او علب) من الطرفين : مصنوعة من الكرتون الكهربائى . ويحزم الملف الجاهز برباط من شريط التفتا او ورق الكابلات ، وبعد ذلك يرد الملف الى قسم التجفيف (والتشريب) .

البند ٣٩ ــ لف الملف المتواصل

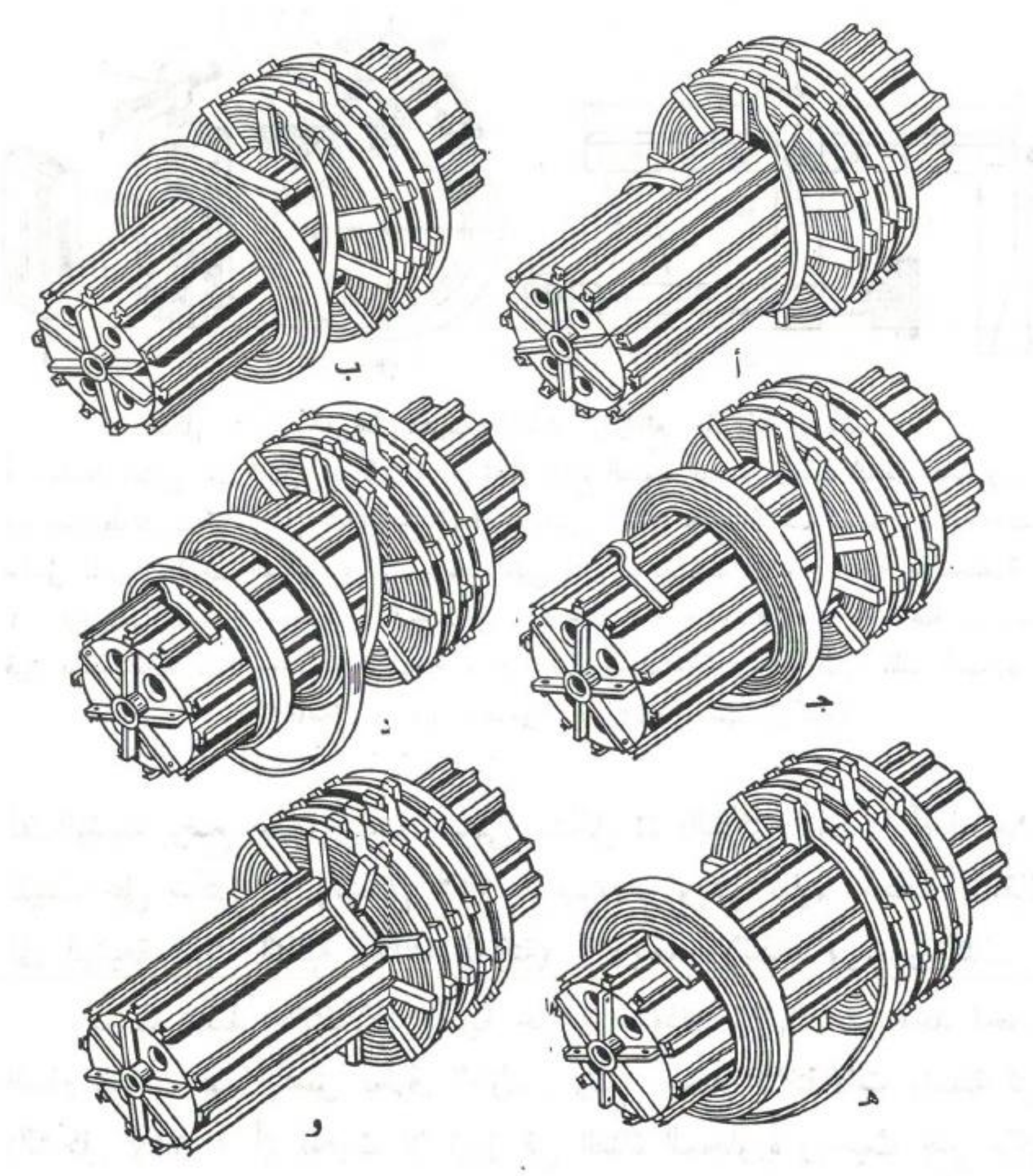
يتألف الملف المتواصل (انظر الشكل ١٠ ، د) من العديد من الوشائع التى توجد بينها اقنية افقية ورأسية لتصريف حرارة الملفات بصورة أفضل.

وتتشكل الاقنية بين الوشائع بواسطة اللاطات (الاقنية الرأسية) واللاطات المزودة بتساميك مركبة عليها (الاقنية الافقية) .

يمكن ان يتألف الملف من عدة اسلاك متوازية فى اللفة الواحدة . وان استخدام الاسلاك المتوازية بدلا من سلك واحد كبير المقطع يخفض فقدان الطاقة على التيارات الدوامية فى الملفات ، ويسهل لف الوشائع ، وذلك لانه بدلا من سلك ثقيل تستخدم عدة اسلاك ادق . فاذا كان الملف ينفذ من سلكين متوازيين او أكثر ، فانه يجرى تغيير اماكن الاسلاك (تنقل الاسلاك) عند الانتقال من وشيعة الى وشيعة ، وذلك بهدف تسوية الطول والمقاومة فى السلكين وكذلك وضع كل منهما فى المجال المغناطيسى للتشتت . ويتم نقل موضع الاسلاك المتوازية اثناء اللف عند كل انتقال من وشيعة الى اخرى .

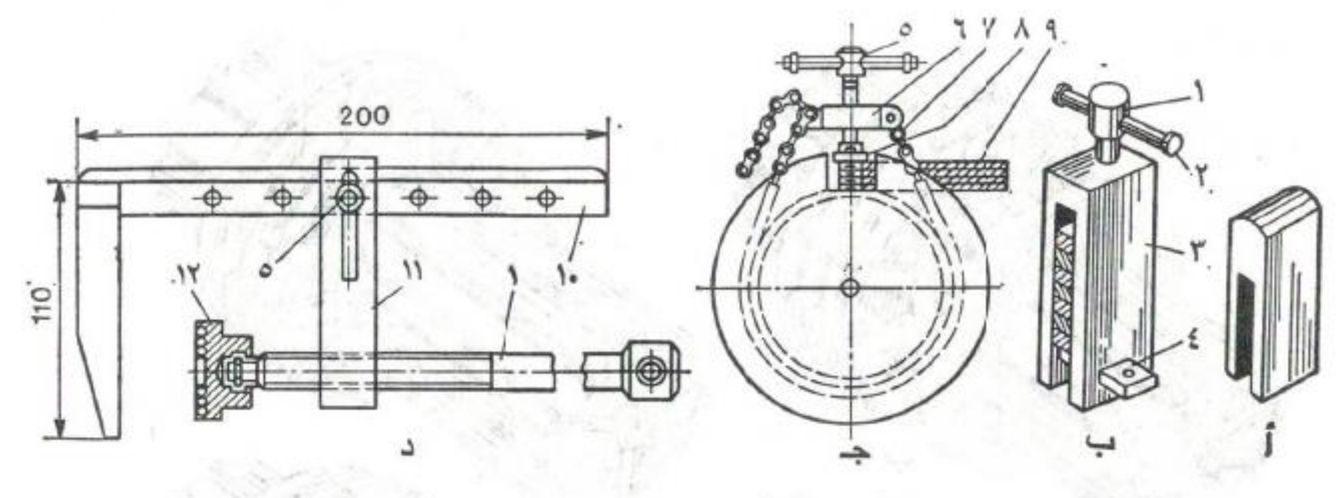
وتنفذ عملية اللف للملف المتواصل من سلك واحد حسب الطريقة التالى شرحها .

بعد انجاز الاعمال التحضيرية ، يثبت طرفا السلك بالطول المطلوب (على صفيحة خشبية) ويخفف شد السلك ، وبعد بدء تشغيل المكنة نبدأ بتصنيع الوشيعة الاولى المؤقتة ، وذلك بعدة مواقف . اولا ، يتم لف لفات الوشيعة المؤقتة (الشكل ١١٥ ، أ ، ب) بدون شد ، ويتم الانتقال الى الوشيعة التالية (الشكل ١١٥ ،ج) ومن ثم تنقل لفات الوشيعة الملفوفة المؤقتة (الشكل ١١٥ ، د ، ه) وتزاح الوشيعة بكاملها الى المكان السابق ، وتشد اللفات حتى القياس القطرى المطلوب (الشكل ١١٥ ، و) . ويتم نقل لفات الوشيعة الملفوفة مؤقتا ، بلفة واجدة وبنفس التتابع المعاكس للف : تنزع اولا اللفة العلوية وتوضع على لاطات الكرتون الكهربائى ، ثم تنزع اللفة التالية وتوضع على الأولى وهكذا . وعندما توضع اللفة (السفلية) الاخيرة فى اعلى الوشيعة الحاصلة بعد النقل ، تركب عليها اربعة او ثمانية مثبتات خشبية على شكل Π (تبعا لقطر الملف) ، وذلك لوقاية اللف من التبعثر عند الشد . ويزاح الملف بعد نقل اللفات الى المكان الدائم وبشكل متراص مع تساميك تحديد المسافة ، ثم يجرى الشد ، ويتم تراص اللفات فى الوشيعة اثناء عملية الشد ، بواسطة



الشكل ١١٥ – لف الوشيعة المؤقتة (لفة من سلك واحد) :
أ – تنفيذ الانتقال الخارجى للوشيعة الدائمة ولف اللفة الاولى للوشيعة المؤقتة ، ب – لف لفات الوشيعة المؤقتة ، جـ – تنفيذ الانتقال بالنسبة للوشيعة المؤقتة ، د – نقل لفات الوشيعة المؤقتة ، هـ – انتهى نقل اللفات ، و – وشيعة مؤقتة مزودة بانتقال داخلى للف الوشيعة الدائمة

طرقات خفيفة بمطرقة خشبية فى الاتجاهين المحورى والقطرى ، ومن ثم يثبت طرف الملف برباط من شريط التفتا . وتزاح على اللاطات تساميك تحديد المسافة (التى تشكل القناة بين الوشيعتين الاولى والثانية) ويتم لف الوشيعة الثابتة الثانية مع الشد اللازم للسلك ورص لفات الوشيعة . وعند انتهاء

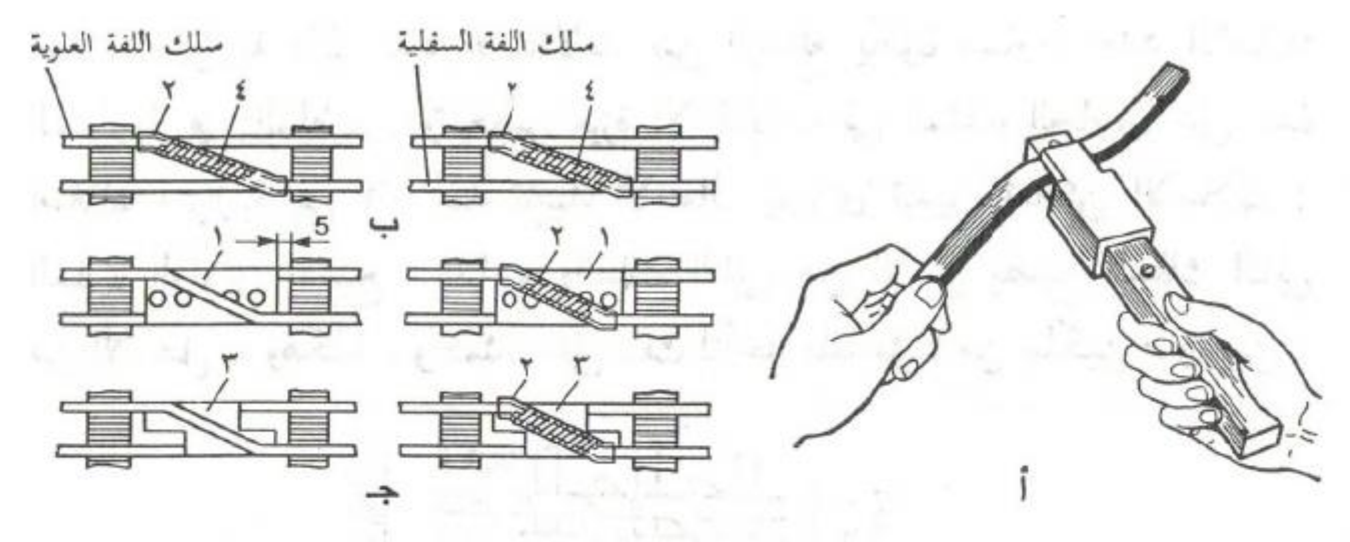


الشكل ١١٦ — نبيطة لتثبيت اللفات والوشائع ونهايات الملف :
أ — مقمط خشبى على شكل حرف Π من اجل وشائع الملف المتصل ولفات الملف الحلزونى ، ب — مقمط تثبيت لولبى على شكل حرف Π ، لتثبيت لفات وشائع الملف المتصل ، جـ — مقمط سلسلى لتثبيت طرف الملف ، د — مقمط لولبى لتثبيت نهايات ملف الفلطية المنخفضة ؛ ١ — برغى ضاغط ، ٢ — قبضة ، ٣ — هيكل ، ٤ — نتوء ، ٥ — برغى ، ٦ — عارضة متأرجحة فيها ثقب مقلوظ ، ٧ — سلسلة صفيحية ، ٨ — صفيحة ضاغطة ، ٩ — نهاية اللفة السلكية ، ١٠ — قاعدة ، ١١ — صامولة ، ١٢ — كعب (ركيزة)

لف الوشيعة يوضع عليها مثبت خشبى بشكل Π (الشكل ١١٦ ، أ) او مشد تثبيت على شكل Π (الشكل ١١٦ ، ب) ، ويتم تعليم مكان الانتقال الى الوشيعة الثالثة التالية (الثالثة المؤقتة) ، وينفذ الانتقال ويستمر اللف .

ويجب تنفيذ الانتقالات بعناية خاصة ، وذلك لانها تعتبر احد اخطر اقسام الملف فيما يتعلق بخرق العازل . وتثنى جميع الانتقالات بنبيطة ثنى (الشكل ١١٧ ، أ) بحيث لا تبرز فى القناة المجاورة وبحيث يقع مركز الحنى فى وسط المجالات الواقعة بين التساميك ، ويكون منطبقا على مركز المجال المغناطيسى . وتعزل الانتقالات بشكل اضافى كما هو مبين على الشكل ١١٧، ب، جـ. ويعزل الانتقال الداخلى دوما بتسميكة (او علبة) توضع على السلك من الاعلى ، أما الانتقال الخارجى فيعزل بتسميكة توضع من الاسفل .

وتلف الوشيعة الثالثة مثل الاولى ، حيث يزاح اولا العدد المطلوب من تساميك تحديد المسافة باحكام نحو الوشيعة الثانية ، وتوضع كل لفة فوق سابقتها ، وبعد وضع آخر لفة ينفذ الانتقال الداخلى الى الوشيعة الرابعة



الشكل ١١٧ – تنفيذ الانتقالات :

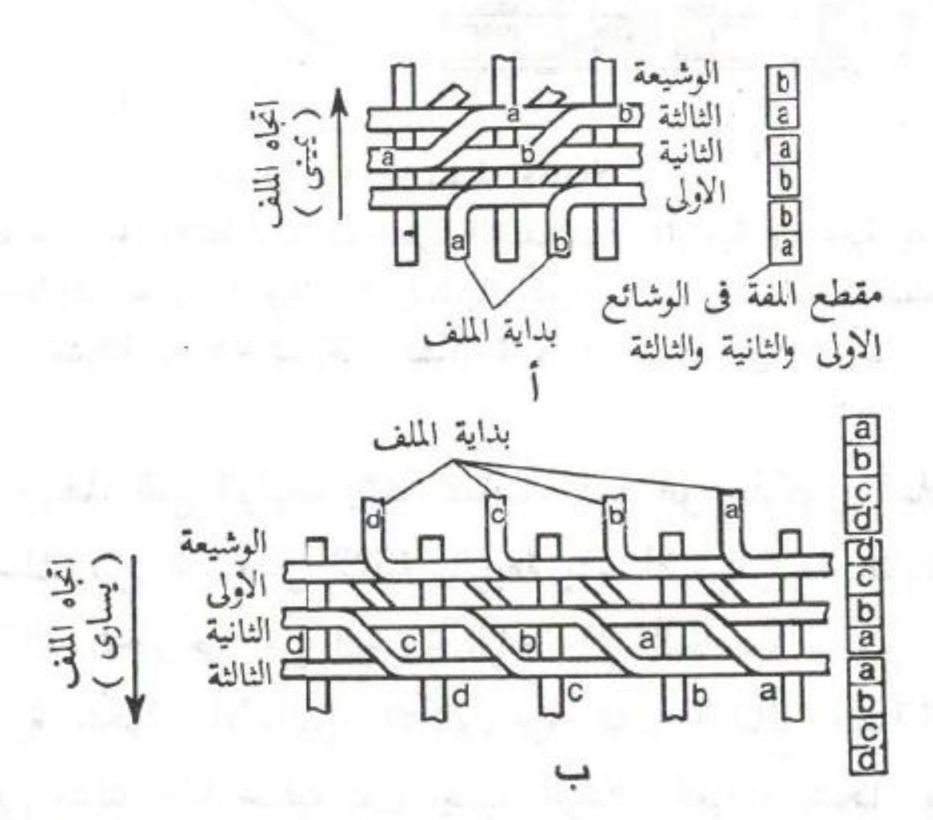
أ – ثنى السلك من اجل الانتقال ، ب – عزل الانتقالات الخارجية والداخلية بعلب مشكلة ، جـ – عزل الانتقالات الخارجية والداخلية بتساميك عازلة ؛ ١ – تسميكة بسيطة ، ٢ – علبة مشكلة ، ٣ – تسميكة تشكيلية ، ٤ – رباط من الشريط

(الثابتة) ، وينفذ نقل الوشيعة وشد اللفات كما هو مذكور اعلاه . وبعد وضع التساميك بين الوشيعتين الثالثة والرابعة يتم لف الوشيعة الثابتة الرابعة ، وينفذ الانتقال الخارجى من الوشيعة الرابعة الى الخامسة ، مع متابعة لف الوشائع التالية بتكرار الاساليب التكنولوجية للف الوشائع المؤقتة والثابتة .

تنفذ فى مثالنا هذا عملية لف جميع الوشائع الفردية بشكل وشائع مؤقتة مع انتقالات داخلية ، اما الوشائع الزوجية فتلف بشكل وشائع ثابتة مع انتقالات خارجية . واذا احتاج الامر الى وضع المآخذ الطرفية للملف من الداخل ، فان لف الوشائع الفردية يكون ثابتا ، اما لف الوشائع الزوجية فيكون مؤقتا . وعندما يكون عدد اللفات فى كل وشيعة صحيحا، فان بداية الملف ونهايته وكذلك جميع الانتقالات تكون واقعة فى حقل واحد بين اللاطتين الأولى والاخيرة .

وفى تلك الحالات التى تكون فيها لفات الملف المتواصل ، لا تتألف من سلك واحد بل من عدة اسلاك متوازية ، فان عملية اللف تنفذ تماما مثل حالة السلك الواحد ، ما عدا تنظيم الانتقالات من وشيعة الى اخرى . ففى المثال السابق عندما درسنا الملف المؤلف من سلك واحد ، كان لدينا انتقال واحد فقط من وشيعة الى اخرى . اما فى حالة الملف المنفذ من عدة

اسلاك متوازية فان عدد الانتقالات بين الوشائع يكون مساويا لعدد الاسلاك المتوازية فى الملف . وتنحصر ميزة الانتقالات فى الملف الحاوى على عدة اسلاك متوازية فى انه عند تنفيذ الانتقال يجرى تبديل اماكن الاسلاك : السلك العلوى يصبح سفليا ، والسلك الثانى من الاعلى يصبح السلك الثانى من الاسفل ، وهكذا . وكمثال على ذلك لنأخذ ملفا مؤلفا من سلكين متوازيين ،



الشكل ١١٨ — الانتقالات بين وشائع الملف المتصل ، حيث يتم نقل موضع الاسلاك المتوازية :
أ — اللفة مؤلفة من سلكين ، ب — اللفة مؤلفة من اربعة اسلاك

كما هو مبين على الشكل ١١٨ ، أ . ففى الوشيعة الاولى كان السلك b فى الاعلى ، اما السلك a فكان فى الاسفل . وبعد الانتقال الى الوشيعة الثانية فقد تبادلت اماكن السلكين : اصبح السلك a علويا ، والسلك b سفليا . وعند الانتقال من الوشيعة الثانية الى الثالثة تتبدل مجددا اماكن الاسلاك : السلك b يصبح علويا ، والسلك a سفليا وهكذا . ونحصل على صورة مشابهة اذا كان عدد الاسلاك المتوازية اكبر ، ولنأخذ كمثال على ذلك ملفا فيه اربعة اسلاك (الشكل ١١٨ ، ب) . فالسلك a الواقع فى اعلى الوشيعة الأولى ، اصبح فى إسفل الوشيعة الثانية ، والسلك b فى الوشيعة الاولى كانت مرتبته الثانية من الاعلى ، واصبح فى المرتبة الثالثة من الاعلى فى الوشيعة الثانية ،

والسلك c فى الوشيعة الاولى كانت مرتبته الثالثة من الاعلى ، واصبح فى الوشيعة الثانية فى المرتبة الثانية من الاعلى ، واخيرا السلك d فى الوشيعة الاولى كان سفليا ، وفى الوشيعة الثانية اصبح علويا . وينفذ هذا التغيير لموقع الاسلاك ، وذلك لكى يكون طول جميع الاسلاك المتوازية واحدا ، ولكى تكون جميعها تقريبا فى وضع متشابه بالنسبة للمجال المغناطيسى للتشتت .

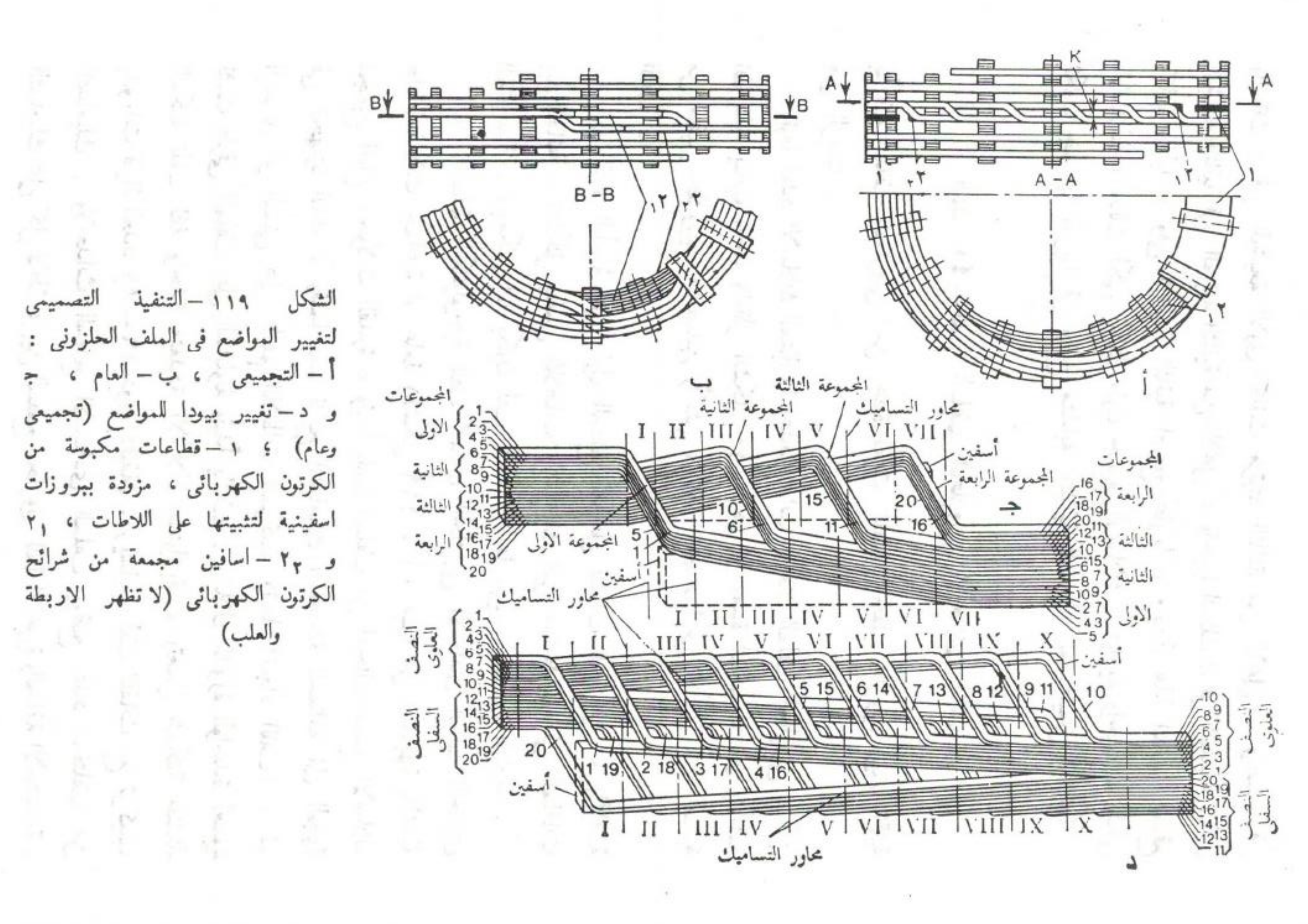
البند ٤٠ ـ لف الملف الحلزونى الأحادى الباب

يتألف الملف الحلزونى من عدة لفات تلف بخط حلزونى بينها اقنية من الزيت .

وتبعا لعدد الاسلاك المتوازية وعدد اللفات ، فان الملف الحلزونى يمكن ان ينفذ بباب واحد (انظر الشكل ١٠ ، هـ) او بعدة ابواب ، اى يتألف من ملفين حلزونيين منفصلين وأكثر ، يلف احدهما فى الآخر اثناء عملية اللف .

ان القناة الرأسية على طول السطح الداخلى للملف الحلزونى ، والاقنية بين لفاته ، تتشكل بنفس اللاطات والتساميك التى استخدمت فى الملفات المتواصلة . ويمكن ان يكون لف الملف الحلزونى يمينيا او يساريا .

وان العملية التكنولوجية للف الملف الحلزونى الاحادى الباب الحاوى على انتقالات جماعية او عامة (الشكل ١١٩ ، أ و ب) هى متشابهة بالنسبة لجميع انواع محولات القدرة ، ونبدأ بلف الملف من ادخال جميع الاسلاك فى تجهيزة الشد ، وفيما بعد نزيح التساميك المحددة للمسافة الى الجهة اليسرى او اليمنى على طاقم اللاطات المركب (تبعا لاتجاه اللف) ، ثم نثبت طرفى الملف على الشابلونة ونبدأ باللف . وخلال الدورة الواحدة لعمود المكنة تلف لفة واحدة متعددة الاسلاك المتوازية ، وتعمل المكنة عندئذ بدورات قليلة العدد (٨ ـ ١٦ دورة/دقيقة) ، ويتناوب لف اللفات مع تركيب التساميك . ولاحداث السطح الاستنادى للملف يوضع عدد مختلف من التساميك على كل لاطة ، بين السطح الحلزونى للفة الاخيرة والحلقة الاستنادية .



الشكل ١١٩ – التنفيذ التصميمى لتغيير المواضع فى الملف الحلزونى : أ – التجميعى ، ب – العام ، ج و د – تغيير بيودا للمواضع (تجميعى وعام) ؛ ١ – قطاعات مكبوسة من الكرتون الكهربائى ، مزودة ببروزات اسفينية لتثبيتها على اللاطات ، $٢_١$ و $٢_٢$ – اسافين مجمعة من شرائح الكرتون الكهربائى (لا تظهر الاربطة والعلب)

ولاستقرار التساميك فانها تثبت بقطاعات هلالية مكبوسة من الكرتون الكهربائى ، ومزودة ببروزات اسفينية لتثبيتها على اللاطات .

بعد تنفيذ اللفة الاولى تزاح نحوها التساميك التى تشكل القناة بين اللفتين الاولى والثانية ، ومن ثم تلف اللفة الثانية بخطوة تساوى سماكة السلك مضافا اليها القناة بين اللفتين . وبعد اللفة الثانية توضع بشكل متناظر على الدائرة ٣ ــ ٤ اربطة مشتركة من شريط الكيبر على كلا اللفتين ، وتستمر عملية تحضير الملف، بفصل اللفات بالتساميك . وينفذ لف $\frac{١}{٤}$ اللفات قبل بداية الانتقال الاول .

وبعد تعليم مركز الانتقال الجماعى الاول تثبت اللفة الملفوفة الاخيرة فى الملف بواسطة ممسك ، وتفصل جميع الاسلاك الى مجموعتين : عدد اسلاكهما واحد اذا كان عدد الاسلاك فى اللفة زوجيا ، ويكون العدد مختلفا اذا كان عدد الاسلاك فرديا (فى احدى المجموعتين يوجد سلك واحد زيادة عن المجموعة الثانية) . وتتبادل هاتان المجموعتان (الشكل ١١٩ ، ب) بعد نقلهما فى مجالين مجاورين لمركز الانتقال ، ففى احد المجالين تنفذ انتقالات الاسلاك لمجموعة واحدة ، وبعد مجال واحد تنفذ انتقالات الأسلاك للمجموعة الثانية . ويثنى كل سلك من المجموعة العلوية بشكل منفصل بمساعدة النبيطة المبينة على الشكل ١١٧ ، أ ، ومن ثم توضع بشكل رزمة جميع الاسلاك وتربط بشريط من التفتا مع تغطية نصفية ، وتوضع بجوار اللفات . ومنعا لقصر الدائرة بين الاسلاك المتجاورة للمجموعتين الاولى والثانية قبل تنفيذ الانتقال وبعده ، يوضع بين المجموعتين شريط من الكرتون الكهربائى ، وتوضع بشكل اضافى على الاجزاء المحنية من اللفة تساميك ذات حواف ، من الكرتون الكهربائى .

وينفذ الانتقال الانسيابى للاسلاك بمساعدة اسافين من الكرتون الكهربائى ، توضع تحت الاسلاك فى مكان الانتقال $٢_١$ و $٢_٢$ (انظر الشكل ١١٩ ، ب) . وتقوم الاسافين بتسوية القياس القطرى للفات فى منطقة الانتقال ، وتوضع عليها مجموعتا الاسلاك الجارى نقلها . وبعد تنفيذ الانتقال ، تكون مجموعتا الاسلاك قد تبادل مكاناهما : أصبحت

المجموعة العلوية سفلية ، والمجموعة السفلية اصبحت علوية ، كما لو انه جرى انفصال اللفة الى اثنتين في منطقة الانتقال ، ومن ثم اعادتهما الى لفة واحدة ، وعلى حساب ذلك تكبر القناة . ولذا فانه عند تنفيذ الانتقال يعار اهتمام كبير لصحة تنفيذ القناة .

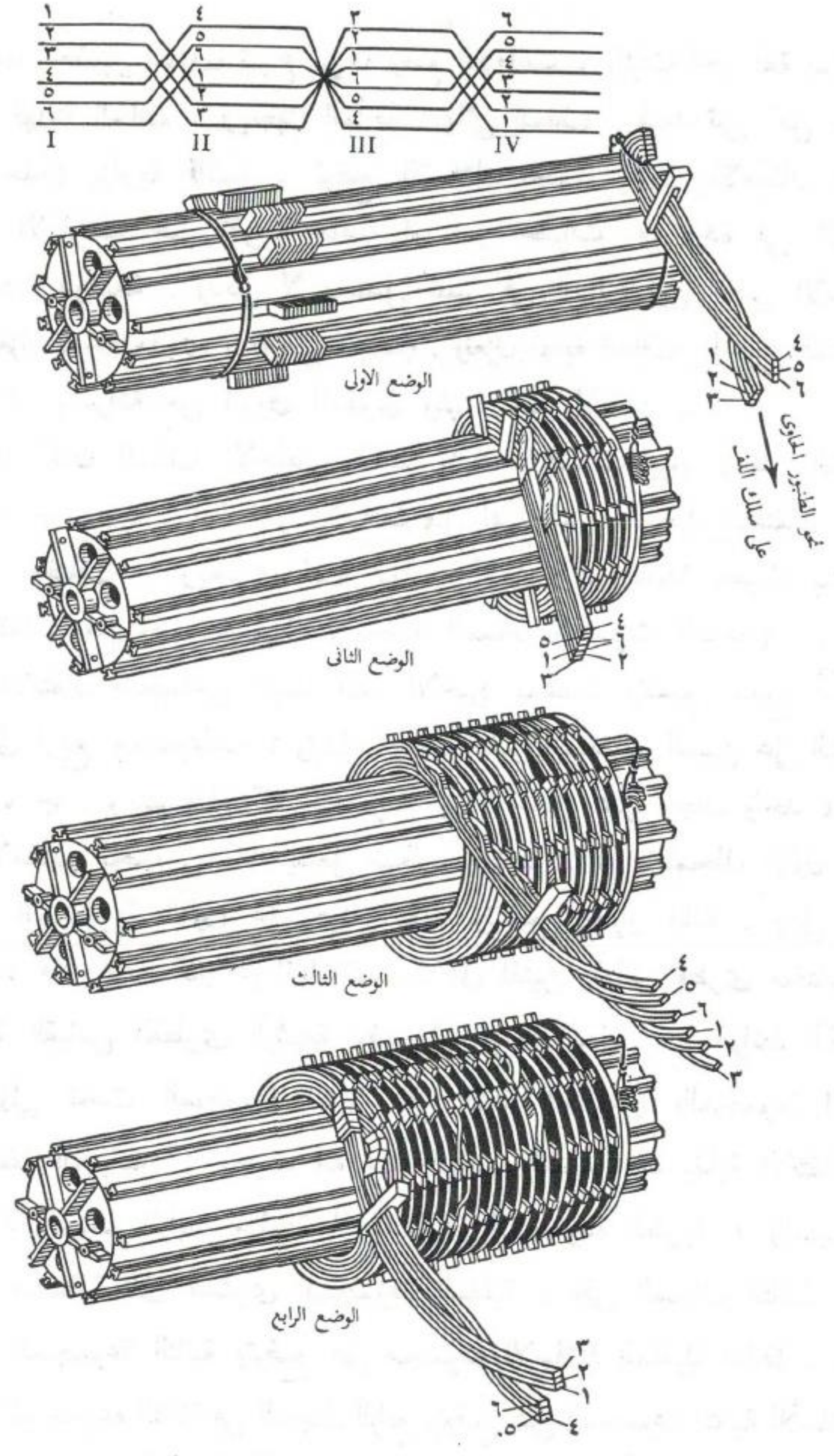
ومن ثم نتابع لف اللفات حتى نصف الملف وننفذ الانتقال العام . ويجب ان تكون بداية الملف ونهايته متناظرتين بالنسبة لوسطه (انظر الشكل ١١٩، أ). فلكى نقوم بتنفيذ الانتقال العام فى المجال المبين على منشور الملف يجرى تعليم مكان الانتقال على السلك الاول (العلوى) وتثبت اللفة بممسك ، ويصنع اسفينان من شرائط الكرتون الكهربائى بحيث يجب ان يكون ارتفاع الاسفين اقل من البعد القطرى للفة بمقدار سلك واحد ، اما طوله فيحدد بطول قسم الدائرة الذى تشغله جميع انتقالات اسلاك اللفة .

بعد حنى السلك العلوى على هيئة انتقال ، انه يعزل ويوضع بجوار اللفة على القسم العريض للاسفين الاول ، اما الاسفين الثانى فيوضع جزؤه الضيق تحت الأسلاك الباقية فى اللفة . وبهذه الطريقة فان الاسلاك المتوازية فى المجال الاول تكون قد تفرعت الى مجموعتين (الشكل ١١٩ ، أ) . وفى المجال التالى يجرى حنى الانتقال وعزله ، ومن ثم يوضع السلك الثانى على الاول . وفى كل مجال يتم ثنى اسلاك اللفة على التوالى فتوضع هذه الاسلاك بجوار تلك منها التى نقلت سابقا . وبعد تنفيذ الانتقال العام يكون كل سلك فى اللفة قد غيّر موضعه .

ونستمر فى عملية اللف حيث نقوم بلف $\frac{٣}{٤}$ لفات الملف قبل بداية الانتقال الجماعى الثانى ، الذى ينفذ بشكل مشابه للانتقال الاول ، اى ان مجموعتى الاسلاك سوف تبدلان موضعيهما مجددا .

وبعد الانتهاء من تنفيذ كل الانتقالات الثلاثة سوف تقع الاسلاك فى ترتيب عكسى بالمقارنة مع وضعها الاولى . وخلال عملية لف آخر لفة فى الملف ، يسوى السطح الحلزونى بكمية مختلفة من التساميك توضع على كل لاطة .

ويبين الشكل ١٢٠ تجهيز المأخذ الاولى للملف ، وموقع الاسلاك (١ — ٦) اثناء اللف مع تنفيذ الانتقالات .



الشكل ١٢٠ – توزيع اسلاك اللف عند لف الملف الحلزونى الاحادى الباب ، مع تغيير المواضع التجميعى والعام :

I – الوضع الاولى وثنى اسلاك اللف (بداية اللف) ، II – بعد التغيير التجميعى للمواضع ، III – بعد التغيير العام للمواضع ، IV – بعد التغيير التجميعى الثانى للمواضع

بعد تحضير الملف تنزع نبيطة وضع اللاطات ، وتثبت آخر لفة بمقمط وتقص نهايتا السلك ، ويجهز المأخذ النهائى للملف . فبعد ثنى كل سلك (على حدة) بزاوية قائمة ، توضع الاسلاك بحيث يكون بالامكان تأمين اخراج الاطراف عبر ثقوب خاصة او عبر حفرات موجودة فى الحلقة الاستنادية للوشيعة . ولكى لا يحصل قصر فى الدائرة بين بعض الاسلاك فانها تعزل بورق مقوى (كريبى مجعد) . وتعزل نهاية الملف بالنسيج المشرب باللك او باشرطة من الورق المقوى وتثبت بين لاطتين .

اذا كان الملف الاحادى الباب ينفذ بانتقالات بيود (انظر الشكل ١١٩ ، ج و د) ، فان نشر الاسلاك قبل لف الملف واجراء الانتقال ينفذ بشكل مختلف . ويجرى لف الملف كما ذكر سابقا بحيث يتناوب لف اللفات مع وضع تسميكات تحديد المسافة (حشوات التباعد) . و عند تنفيذ الانتقال الجماعى تثبت اللفة الاخيرة بمقمط وتقسم جميع أسلاك اللفة الى اربع مجموعات ، وتبدل اماكنها طبق المخطط المبين على الشكل ١١٩ ، ج . ويتم نقل كل مجموعة من الاسلاك عبر مجال واحد ، لذا فان الانتقال الجماعى كله يشغل سبعة مجالات . ففى المجال الاول تثنى اسلاك المجموعة الاولى على هيئة انتقال وتوضع بجوار اللفة . وعلى هذا المنوال، فان اللفة كما لو انها انقسمت الى لفتين بقياس قطرى مختلف . ولتسوية القياس القطرى للوشيعة توضع ثم تربط اسافين من شرائط الكرتون الكهربائى تحت المجموعة الاولى (فى اللفة الجديدة) والمجموعة الرابعة (فى اللفة المتبقية) ، بحيث انه عند المجال السابع بعد بداية الانتقال ، تكون المجموعة الرابعة مرفوعة الى مستوى المجموعة العلوية ، والمجموعة الاولى مخفضة الى مستوى المجموعة السفلية . وفى المجال الثالث تثنى اسلاك المجموعة الثانية وتوضع على مجموعة الاسلاك المنقولة سابقا . وتثنى اسلاك المجموعة الثالثة فى المجال الرابع وتوضع على المجموعة الثانية للأسلاك . وفى المجال السادس تثنى المجموعة الرابعة والاخيرة (السفلية فى السابق) ، وتوضع فوق المجموعة الثالثة .

يبدو من الشكل ١١٩ ، جـ انه عند الانتقال الجماعى تبدلت اماكن الاسلاك فى اربع مجموعات : يكون وسط الانتقال هو المجال الواقع عند ربع ارتفاع الملف وتقع بشكل متناظر بالنسبة اليه انتقالات المجموعات الاولى والثانية والثالثة والرابعة . وتعزل اماكن الانتقال لجميع المجموعات، فتوضع تحت المجموعات المتوسطة المنقولة اشرطة بسماكة ٢ مم وبعرض يساوى لمجموع البعدين المحوريين للسلك والاقنية الموجودة بينها ، وبطول اقل بـ ١٠ مم من طول المجال ، ويوضع تحت المجموعتين المنقولتين الاولى والاخيرة (على القسم غير المحنى من اللفة) شريط وتساميك مفلطحة الاطراف من الكرتون الكهربائى بسماكة ١ مم وبطول يقل بـ ١٠ مم عن طول المجال ، وبارتفاع ١٠ مم ، ثم تحزم هذه الاماكن بشريط من الكيبر . وبعد ذلك يستمر لف اللفات فى الملف حتى بداية الانتقال العام (تغيير المواضع) .

ولتنفيذ الانتقال العام تقسم جميع الاسلاك فى اللفة الى مجموعتين ، ومن ثم يجرى تغيير مواضع الاسلاك لكل مجموعة بالنسبة لوسطها ، اى ان اسلاك المجموعة العلوية تغير مواضعها بالنسبة لوسط هذه المجموعة . ونتيجة لذلك تشغل الاسلاك الطرفية بعد الانتقال اماكن الاسلاك المتوسطة ، والاسلاك المتوسطة تشغل أماكن الاسلاك الطرفية (فى المجموعة ذاتها) كما هو مبين فى الشكل ١١٩ ، د ، ويثنى سلكان فى كل حقل (سلك واحد من كل مجموعة) . يشغل الانتقال عددا من المجالات يساوى لعدد الاسلاك المتوازية فى اللفة مضافا اليه الحقل الواقع فى وسط مكان الانتقال . ويبدأ تنفيذ التغيير العام للمواقع من ثنى الانتقالات على السلك الاول العلوى (١) والسلك الاخير السفلى (٢٠) . يوضع اسفين من الكرتون الكهربائى بين السلكين المثنيين ١ و ٢٠. كما هو مبين على الشكل ١١٩ د ، بحيث يقع هذان السلكان احدهما بجوار الاخر عند نهاية الانتقال ، فى وسط اللفة المنقولة . ويوضع الاسفين الثانى المماثل بين اسلاك اللفة المنقولة (السلك السفلى ١٠ للنصف العلوى والسلك العلوى للنصف السفلى) . ويثنى السلك الثانى وما قبل الاخير فى المجال الثانى ويوضع على السلك الاول وتحت الاخير وهلم جرا . وهكذا يتم ثنى ونقل جميع الاسلاك حتى انتهاء عملية تغيير المواضع

(الانتقال) . وفى المثال المدروس عندما يكون العدد الكلى للاسلاك المتوازية ٢٠ ، فان الانتقال يشغل ١١ مجالا .

يستمر لف الملف حتى الانتقال الجماعى الثانى ، ومنعا لتشابك الاسلاك مع بعضها اثناء تنفيذ التغيير الجماعى للمواضع ، تثنى الانتقالات نحو جهة القسم الملفوف من الملف . ولذا ، فعند تنفيذ اللفة الاخيرة يتم تكبير القناة بشكل انسيابى قبل القيام بالانتقال ، الى القيمة المساوية لمجموع عرض السلك مع قناتين . وبعد انتهاء الانتقال يتم انقاص عرض القناة بشكل نسبى الى بعد القناة التالية بعد الانتقال . ويحافظ على عدد ثابت للتساميك فى القناتين المتسعة والمتضيقة . وبعد انتهاء الانتقال وتغيير المواضع يستمر لف الملف الى نهايته حسب المخطط .

وتعتبر المرحلة الختامية التى تنفذ على مكنة اللف ، هى تزويد الملف بلاطات خارجية ، وبعد ذلك تسوى اعمدة التساميك وتفحص ابعاد الملف ، ويتم التأكد من انعدام العيوب فى الاجزاء العازلة والاجزاء التصميمية للملف .

غالبا ما تستخدم الانتقالات الموزعة بانتظام (انتقال خوبارت) فى الملفات الحلزونية الثنائية الابواب ، وعندئذ يكون عدد تبديلات الاسلاك فى الملف مساويا لعدد الاسلاك المتوازية .

تستخدم فى السنوات الاخيرة بشكل واسع نواقل خاصة تم تغيير اماكن الاسلاك فيها ، فى لف الملفات الحلزونية للمحولات والمحولات الذاتية ذات القدرة الكبيرة . وبالمقارنة مع اسلاك اللف العادية فانها تسهل عمل لف الملفات الحلزونية ، وذلك لانه لا يحتاج الامر الى تغيير مواضع الاسلاك الامر الذى يحتاج عادة الى تعقيد شديد وتبطئ عملية اللف .

واذا كان عدد اللفات كبيرا وسلك اللف رقيقا ، فتستخدم احيانا طريقة اللف الحلزونى التى يفصل فيها كل زوج من اللفات المتجاورة بفلكات او تساميك سماكتها ٠,٥ — ١ مم ، اما الاقنية الباقية فتنفذ بطاقم من التساميك سماكتها ٢ — ٤ مم . ويسمى مثل هذا الملف بالملف النصف حلزونى .

البند ٤١ – تفريعات مآخذ الملفات

تصلح التفريعات للتوصيل الكهربائى للملفات مع المداخل ومفاتيح التحويل وغيرها من الاجزاء الناقلة للتيار فى المحول .

وتستخدم فى التفريعات اسلاك عارية (غير معزولة) ومعزولة من النحاس والالومنيوم ذات مقطع دائرى او قضبان مستطيلة المقطع .

تستخدم الاسلاك الالومينية والنحاسية الدائرية المقطع بدون عوازل بصفة تفريعات فى المحولات ذات القدرات غير الكبيرة ، والتى تصل فلطيتها حتى ١٠٠٠ فولط . وتستخدم التفريعات المصنوعة من الاسلاك الدائرية المقطع من الالومنيوم والنحاس ، والمزودة بعازل ورقى ، فى المحولات التى تعادل فلطيتها ٦ ، ١٠ ، ٣٥ كيلوفولط .

وتستخدم الاسلاك الدائرية المقطع من الالومنيوم والنحاس ، مع العازل الورقى ، عندما يكون قطر التفريعة اقل من ٥,٢ مم . اما اذا ازداد القطر عن ذلك فان التفريعة تنفذ بدون عازل او بعازل على شكل انبوبة بيكاليتية تلبس على السلك بكامل طوله .

ان استخدام التفريعات المنفذة بسلك معزول يسمح بالانقاص الشديد لمسافات العزل بين التفريعات ، وكذلك بين التفريعات والاجزاء الاخرى للمحول .

وتنفذ تفريعات ملفات الفلطية المنخفضة للمحولات التى تزيد قدرتها عن ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وكذلك ملفات الفلطية العالية للمحولات ذات القدرة الأكبر (٦٣٠٠ كيلوفولط أمبير وأكثر) ، من القضبان النحاسية ، وبشكل اندر من القضبان الالومينية . ومن المناسب استخدام القضبان المستطيلة من النحاس والالومنيوم عندما يكون المقطع العرضى الحسابى ٤٠٠ مم^2 وأكثر .

تتمتع القضبان المستطيلة بعدة ميزات بالمقارنة مع الاسلاك الدائرية المقطع : سطح التبريد فى القضبان أكبر من السلك الدائرى المتساوى فى المقطع مع القضيب ، وتكون القضبان أكثر ملاءمة لتوصيل اطراف الملفات معها ولتوصيل المعدلات .

تكون عادة ، تفريعات الملفات الواردة للاصلاح ، غير معطوبة او يكون عازلها معطوبا بشكل جزئى .

ومن النادر جدا احتراق التفريعات وانصهارها . ويتم اصلاح التفريعات ذات العازل التالف عن طريق استعادة العازل . ولهذا الغرض ينظف السلك (القضيب) من العازل القديم ، ومن ثم يغطى بعازل جديد يعادل من حيث النوعية وكمية الطبقات وطريقة الوضع ، الى العازل الذى وضع فى المصنع .

عند ظهور الحاجة لتصنيع وتركيب التفريعات الجديدة ، تنفذ المراحل الاساسية التالية : تحضير الاغفال ، اللحام بالمونة ، اللحام ، تركيب التفريعات وتثبيتها .

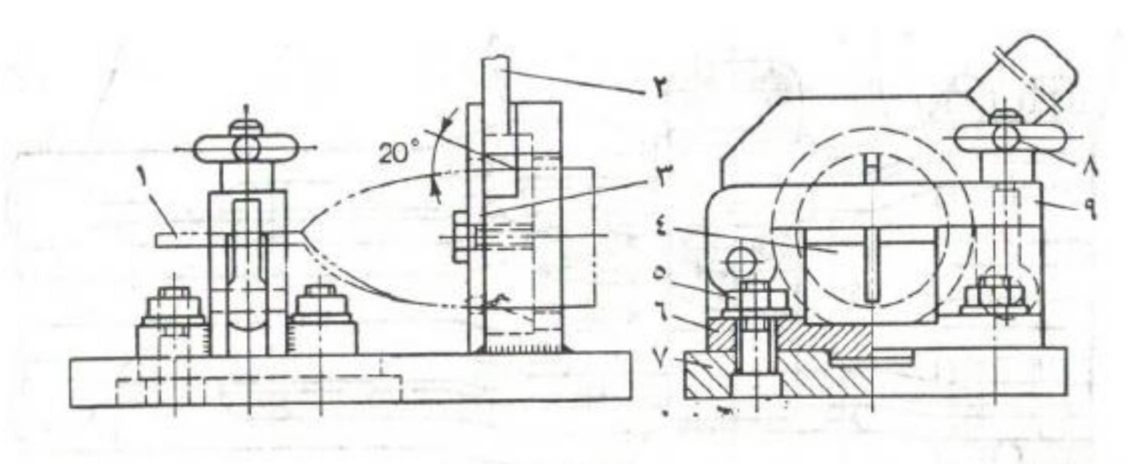
ينفذ غفل التفريعة الجديدة حسب نموذج التفريعات غير المعطوبة (او حسب المخطط) ، مع استخدام المواد التى صنعت منها التفريعة المعطوبة ، مع مراعاة ابعادها وتصميمها .

يجرى تقويم غفل التفريعة ، ويتم فحص ابعادها وتعليم اقسام الثنى . وينصح بالتسخين المسبق لاماكن الثنى بلهب مشعل اللحام او بلهب وابور اللحام ، اذا كان مقطع التفريعة ٣٥ مم^{٢} واكبر ، وهذا يسمح بتجنب ظهور التشققات الصغيرة على السطح الخارجى لمكان الثنى .

ويثنى الغفل المصنوع من السلك الدائرى الذى يقل مقطعه عن ١٢٠ مم^{٢} فى الملازم ، اما القضبان النحاسية والالومنيومية فتثنى على مكنات خاصة .

واذا احتاج الامر لفتل القضيب بمقدار ٩٠°، فان هذه العملية تنفذ بمساعدة النبيطة البسيطة (الشكل ١٢١) المزودة بطاقم من اللقم اللولبية والذكور اللولبية ، للقضبان ذات القياس الذى يتراوح من ٤،٤ × ٢٥ الى ٥ × ٦٠ مم .

توضع اللقم اللولبية ٤ فى الطوق ٦ ، ومن ثم تفتح الصفيحة ٩ ، ويتم ادخال احد طرفى القضيب ١ فى الشق الافقى لمفتاح اللى ٢ ، ويوضع الطرف الآخر للقضيب بشكل حر على الصفيحة ، وتثبت الصفيحة فى الوضع العامل بالصامولة التشكيلية ٨ . وبتدوير قبضة مفتاح اللى ٢ نحوك حتى تستند يتم لى القضيب بمقدار ٩٠° .



الشكل ١٢١ – نبيطة اللى بمقدار ٩٠° للأغفال المصنوعة من القضبان النحاسية :
١ – قضيب نحاسى ، ٢ – مفتاح اللى ، ٣ – شفة ، ٤ – لقمة لولبية ، ٥ – لولب ، ٦ – طوق ،
٧ – جسم النبيطة ، ٨ – صامولة تشكيلية ، ٩ – صفيحة فولاذية

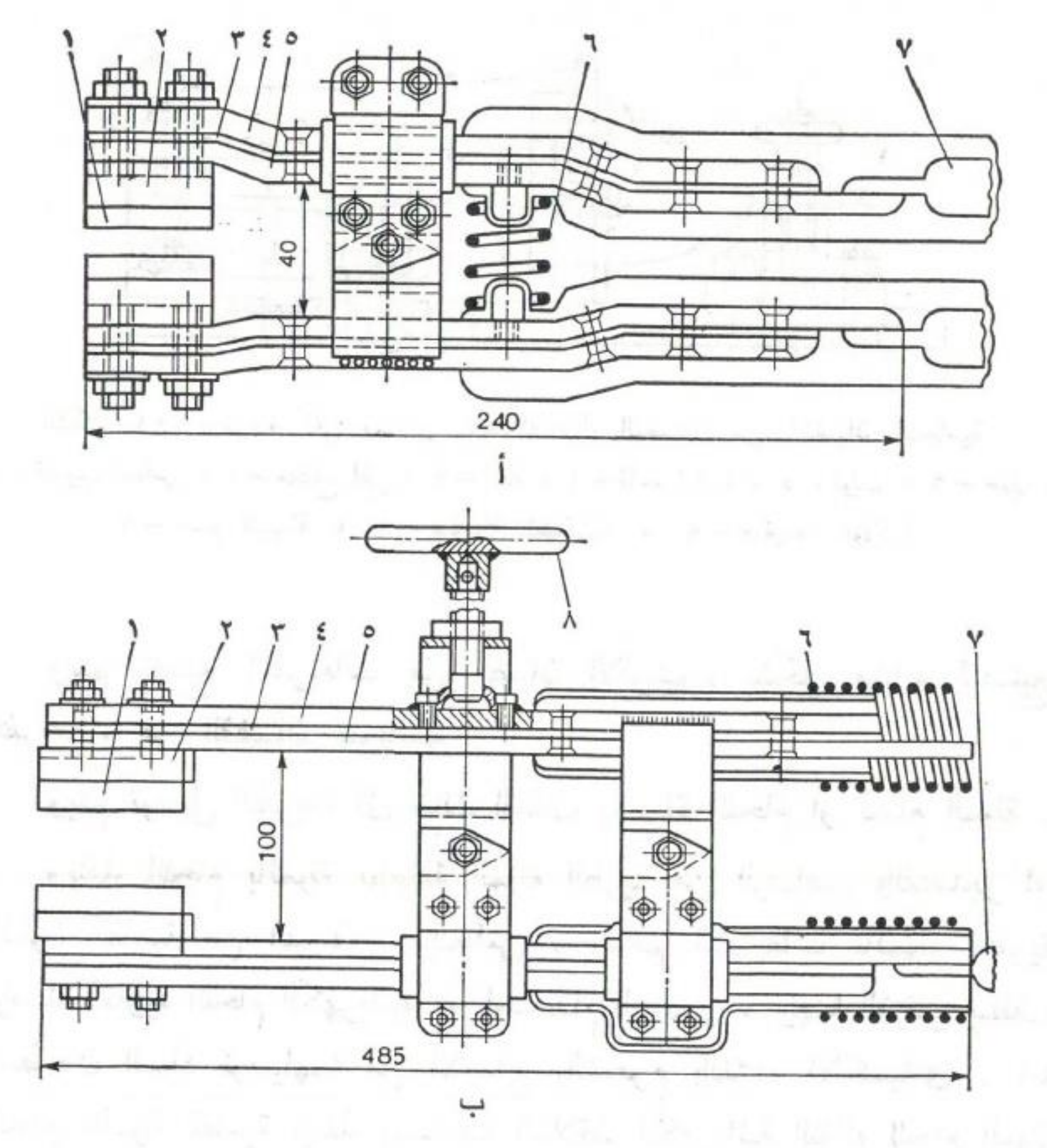
ويتم تصنيع التفريعات من قضبان الالومنيوم بشكل مشابه لتصنيع التفريعات من القضبان النحاسية .

ويتم توصيل التفريعة الى سلك الملف بواسطة اللحام او لحام المونة .

وينفذ اللحام بالمونة بواسطة المونة الطرية من الرصاص والقصدير او بالمونة القاسية من الفوسفور والنحاس . وتلحم التفريعات بالمونة الطرية بواسطة كاوية اللحام الكهربائية مع استخدام الصهور ، ولهذا الغرض ينظف السطحان المراد توصيلهما من الاوساخ والشحوم والغشاء الأكسيدى . اما اللحام بالمونة القاسية فينفذ بمساعدة الملاقط الكهربائية النقالة للحام المونة (الشكل ١٢٢) .

توصل بالملاقط الصغيرة (الشكل ١٢٢ ، أ) بلحام المونة اسلاك النحاس الدائرية المقطع والتى يصل قطرها حتى ٦ مم ، وتوصل بالملاقط الكبيرة (الشكل ١٢٢ ، ب) القضبان النحاسية التى يعادل قياسها ٦×٤٠ مم وأكثر . وتتغذى المقصات الكهربائية من محول خاص ماركة OC أو OCУ .

يعتبر اللحام البارد احدى أكثر الطرق تكنولوجية وانتشارا عند اصلاح وتصنيع الملفات ، لتوصيل الاسلاك النحاسية والالومينيومية ذات المقطع الدائرى او المستطيل . وتستخدم هذه الطريقة فى اللحام لوصل التفريعات



الشكل ١٢٢ – ملاقط من اجل لحام المونة :
أ – صغيرة ، ب – كبيرة ؛ ١ – فحم مضغوط ЭГ ، ٢ – حامل الفحم ، ٣ – تسميكة من الاسبستوس ، ٤ – شريحة فولاذية ، ٥ – شريحة نحاسية ، ٦ – نابض ، ٧ – كابل ، ٨ – ممسك بلولب

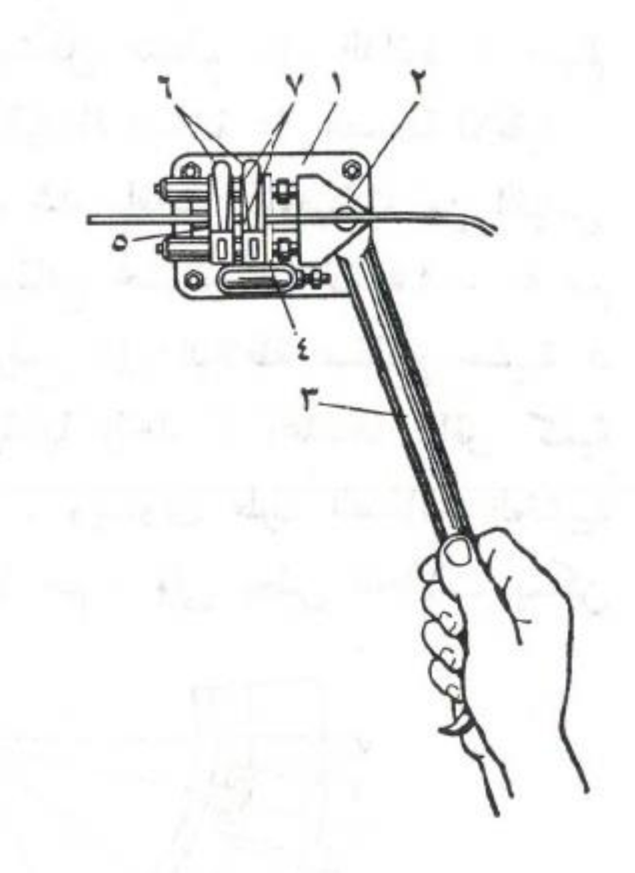
مع اسلاك اللحام عندما يكون كلاهما من الالومنيوم او النحاس ، او احدهما من الالومنيوم والآخر من النحاس .

يعتمد اللحام البارد على ظهور قوى الترابط ما بين الذرات لقطعتى المعدن عند تقريبهما لبعضهما البعض تحت تأثير جهد كبير .

وتوصل المعادن بطريقة اللحام البارد اما بالتناكب او بالتراكب .

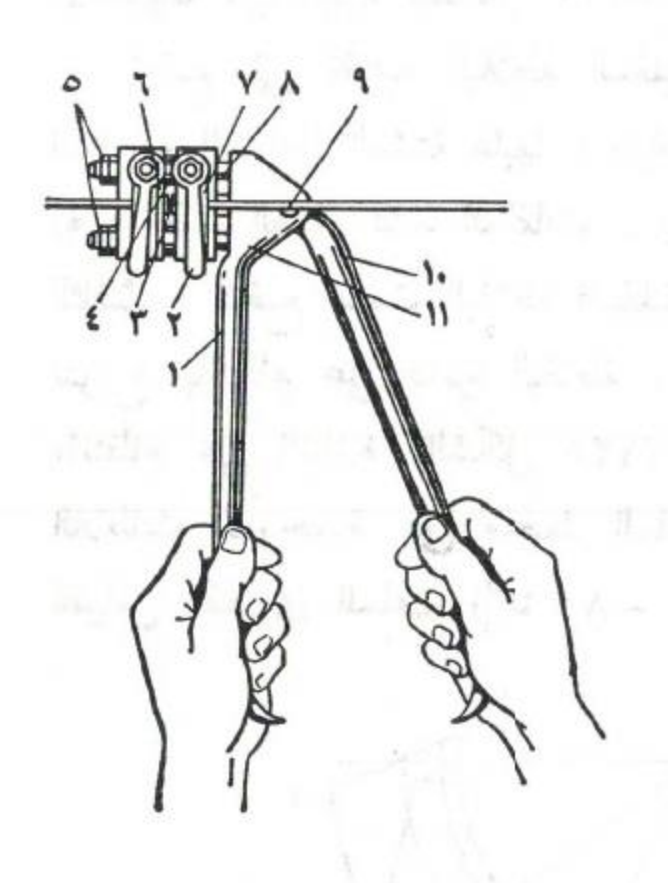
وينفذ اللحام البارد للأسلاك النحاسية والالومينيومية التى يصل مقطعها حتى ١٠ مم٢ بمساعدة مكنات اللحام المركبة على الطاولة (الشكل ١٢٣) او بواسطة الملاقط (الشكل ١٢٤) ، وينفذ لحام الاسلاك ذات المقطع الكبير (حتى ١٥٠ مم٢) فى المكنة من طراز MCXC-35 ، المزودة بجهاز تحريك هيدرولى للضغط على المادة ورصها .

تلبس التفريعات الخطية للمحولات بأنابيب من الورق البيكاليتى وتثبت فى الصفائح الخيزرانية . وتعزل التفريعات فى اماكن التثبيت بشكل اضافى بعدة طبقات من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٥ مم .



الشكل ١٢٣ – مكنة لحام توضع على طاولة CHC-3 :

١ – البلاطة التى تركب عليها المكنة ، ٢ – هيكل المكنة ، ٣ – ذراع الشد ، ٤ – مقمط متحرك ، ٥ – مقمط ثابت ، ٦ – قبضة شد السلك ، ٧ – اذرع التوجيه



الشكل ١٢٤ – ملاّقط يدوية للحام KC-6 :

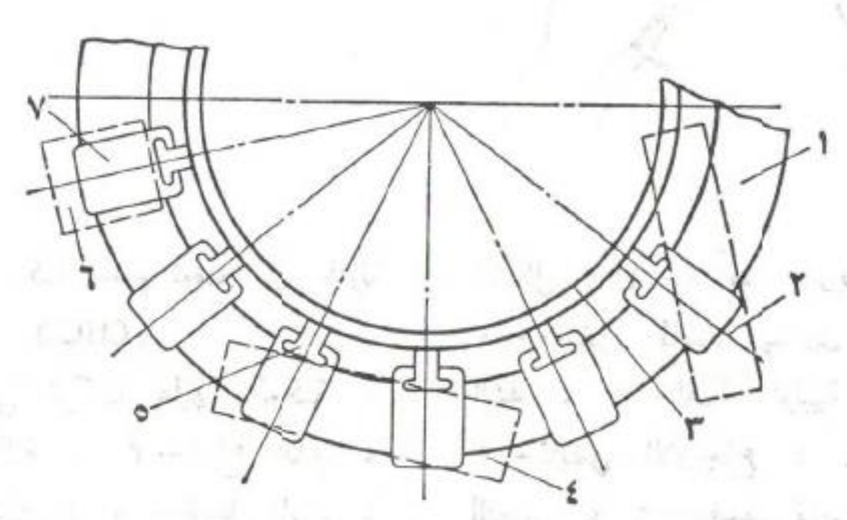
١ – مقبض ثابت يسارى ، ٢ – مقبض الشد ، ٣ – لقمة لولبية قابلة للفك ، ٤ – نابض الارجاع ، ٥ – صوامل التعيير ، ٦ – مقمط ثابت ، ٧ – مقمط متحرك ، ٨ – ذراع ، ٩ – محور المقبض الدوار ، ١٠ – المقبض الدوار الايمن ، ١١ – جسم الملاقط

البند ٤٢ – شد الملفات وكبسها

يسمح شد الملفات وكبسها بالحصول على الابعاد الهندسية المطلوبة ، ويساهم فى رفع المتانة الميكانيكية للملفات ، ويسهل تركيبها عند القيام باصلاح المحولات .

يجرى اختيار بلاطات الكبس وصبالم الشد طبقا لكتلة الملف المطلوب شده ولقطره وارتفاعه . ويجب ان يكون القطر الخارجى لبلاطات الكبس أكبر من القطر الخارجى للملف بمقدار ٨٠ – ١٠٠° مم ، كما يجب ان يكون القطر الداخلى للبلاطة السفلية أقل وللبلاطة العلوية أكبر من قطر الاسطوانة البيكاليتية بمقدار ١٠ – ٢٠ مم .

توضع فى ثقوب البلاطة السفلية بشكل منتظم على الدائرة ، صبالم الشد مع الصوامل المثبتة عليها ، وتوضع البلاطة السفلية على الفسحة الافقية ، وهى مكان العمل لشد الملفات . وعند شد ملفات المحولات من القياس الثالث ، توضع تحت البلاطة السفلية صفائح خشبية بسماكة ٤٥ – ٥٠ مم تتوزع بانتظام على دائرة البلاطة . وتوضع على البلاطة صفائح خشبية ٥ بانتظام على الدائرة (الشكل ١٢٥) وقياسها واحد ، وعددها يوافق كمية اللاطات الموجودة على محيط الملف . ويساوى طول الصفائح الخشبية للقياس القطرى للملف زائد ٨٠ – ١٠٠ مم . وفى بعض الحالات يمكن



الشكل ١٢٥ – توزيع الاجزاء عند التحضير لشد الملفات وتكبيسها :
١ – ملف ، ٢ و ٤ و ٥ – عوارض خشبية ، ٣ – اسطوانة من الورق البيكاليتى ، ٦ – لاطة من الكرتون الكهربائى ، ٧ – تسميكة مباعدة

ان تركب الصفائح الخشبية مقابل ثلاثة الى اربعة اعمدة من التماسيك مع الازاحة بزاوية من اجل تثبيت وضع الاسطوانة البيكاليتية ٣ . ولكبس الملفات المزودة بعوازل طرفية (حلقات استنادية) ، يمكن تركيب صفائح خشبية ٤ تغطى لاطتين .

تقص اطراف اللاطات الاستنادية فى القسم السفلى للملفات حتى تتساوى مع الاسطوانة ، ويركب الملف بحيث تقع الصفائح الخشبية تحت عمود التماسيك وتبرز من الطرفين بمقدار ٤٠ — ٥٠ مم .

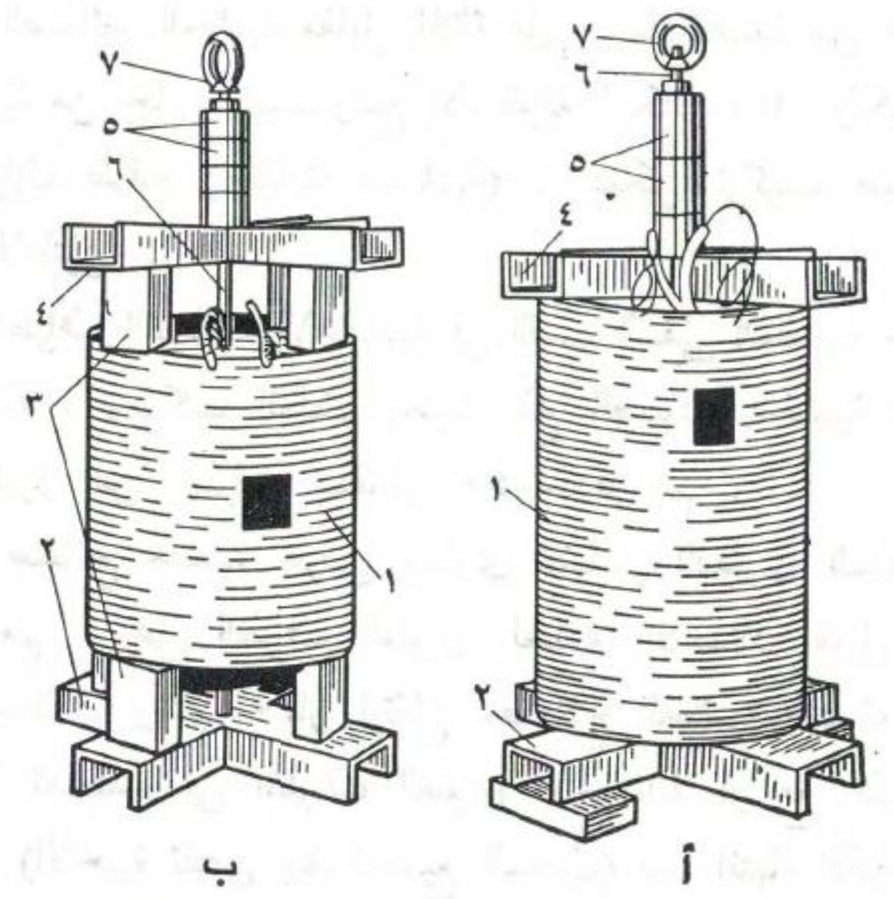
توضع صفائح خشبية بعرض يساوى للقياس القطرى للملف بسماكة ٣٠ — ٤٥ مم ، على الطرف العلوى لحلقة الاستناد مقابل كل لاطة لتحديد المسافة . ويتم اختيار ارتفاع الصفائح الخشبية بحيث ان البلاطة الضاغطة لا تصطدم فى الطرف العلوى للاسطوانة او مع طرف الملف أو اللاطات (الاخيرة تقص عند تجميع المحول) بعد انتهاء الكبس ، ولكن يجب ان لا يقل هذا الارتفاع عن ١٠٠ مم .

توضع على الصفائح الخشبية الصفيحة الضاغطة العلوية الفولاذية ، وتمرر صبالم الشد عبر ثقوب موجودة فى البلاطة العلوية ، تركب عليها جلب تحديد المسافة ، ثم تركب الصوامل ويجرى الشد الاولى للملف من اجل انجازه .

ويتم شد الملفات الاسطوانية المتعددة الطبقات فى الوضع الرأسى ، بواسطة المصالبات (الشكل ١٢٦ ، أ) .

ويجرى اختيار المصالبتين ٢ و ٤ والصبلمة ٦ تبعا لقطر الملف المطلوب شده ولارتفاعه ويجب ان يكون طول المصالبة أكبر من القطر الخارجى للملف المطلوب شده ١ بمقدار ٣٠ — ٥٠ مم ، ويجب ان يطابق طول الصبلمة لمجموع ارتفاع الملف والمصالبتين وجلبة تحديد المسافة والصوامل ، وحلقة الرفع . ويجب ان تبرز قلوظة الصبلمة بعد شد الملف من الاعلى بمقدار ٣٠ مم كحد ادنى .

توضع صبلمة الشد ٦ مع الفلكة وصامولة الرفع ٧ فى ثقب المصالبة السفلية ، وتوضع المصالبة على مكان العمل ثم يركب الملف عليها . وبعد



الشكل ١٢٦ — شد الملفات الاسطوانية المتعددة الطبقات :
أ — عند تساوى الابعاد المحورية للملف والاسطوانة المصنوعة من الورق البيكاليتى ، ب — عندما يكون البعد المحورى للاسطوانة أكبر من البعد المحورى للملف ؛ ١ — الملف ، ٢ — مصالبة سفلية ، ٣ — قضبان خشبية ، ٤ — مصالبة علوية ، ٥ — جلب مباعدة ، ٦ — صبلمة ، ٧ — صامولة رفع

ذلك توضع المصالبة العلوية وتمرر صبلمة الشد عبر ثقب موجود فى المصالبة ، وتوضع جلبة تحديد المسافة ٥ وتشد الصامولة . ويتم فحص وضع الملف بين المصالبتين (للتأكد من عدم انزياحه) وتشد الصامولة جيدا .

يكون البعد المحورى للاسطوانة البيكاليتية فى بعض الاحيان أكبر من البعد المحورى للملف (الشكل ١٢٦ ، ب) . وفى هذه الحالة توضع صفائح تسوية خشبية تحت المصالبة العلوية بحيث تزيد عن البعد المحورى للاسطوانة بمقدار ١٥ — ٢٠ مم .

قبل الكبس يتعرض الملف للكشف الخارجى ، وتنفذ عملية الانجاز الاولى الذى ينحصر فى ازالة العيوب الملحوظة فى عزل اللفات وتصحيح وضع التساميك ، وازالة العيوب من الانتقالات بين الوشائع واماكن تغيير مواضع الاسلاك فى الملفات الحلزونية ، وكذلك ازالة العيوب الملحوظة الاخرى .

وتتألف عملية كبس الملفات القرصية المتواصلة والحلزونية عادة من مرحلتين : قبل التجفيف وبعده .

يجرى الكبس قبل التجفيف بغرض احداث الضغط المسبق ، الذى يجعل الملف ينكمش تحت تأثيره اثناء التجفيف . ولزيادة مقدار الانكماش للملف يستخدم اما ضغط عال للشد او نوابض تركب على البلاطة الضاغطة العليا .

وبعد تجفيف الملف يستكمل الكبس حتى البعد المحورى الحسابى (الارتفاع الحسابى) . ويؤدى الانحراف عن الارتفاع الحسابى بما يزيد عن ٠,٥٪ الى التعقيدات عند تجميع المحول . ويكون من الصعب واحيانا يستحيل تجميع القسم الفعال للمحول (تركيب النير العلوى) اذا كان ارتفاع الملف فائضا . واذا كان الارتفاع غير كاف (مثلا فى الملفات المخصصة للمحولات المنخفضة الفلطية) ، يمكن ان تبقى الملفات غير مكبوسة فى المحولات المجمعة ، وهذا يؤدى حتما الى الحوادث .

ففى الانواع المدروسة من الملفات يعادل ارتفاع طاقم التساميك ٣٠ — ٦٠٪ من ارتفاعها الكلى . وبما ان الكرتون الكهربائى يتمتع بسماكة زائدة تنحرف عن البعد المقدر بمقدار يصل حتى ١٠٪ فان حساب الارتفاع الكلى وبالتالى الحصول عليه بدقة يعتبر مسألة معقدة . بالاضافة الى ذلك ، فان رطوبة الكرتون الكهربائى تساهم فى زيادة سماكته الحقيقية عند المعالجة .

وفى التطبيق العملى لتصنيع الملفات ، يستخدم بشكل رئيسى الكبس المسبق للاغفال المصنوعة من الكرتون الكهربائى حتى تصل للسماكة المقدرة بالدرفلة فى مكنة التكبيس مع ترك خلوص عيارى بين الاعمدة، وذلك بقصد الحصول على الارتفاع الحسابى وانقاص الانكماش اثناء الاستثمار . وتسمى هذه العملية بعملية الصقل ، ويسمى الكرتون المار بهذه المرحلة بالكرتون المصقول .

غير ان هذه الطريقة لا تؤدى دوما الى النتيجة المرجوة ، نضطر عندئذ الى ضبط البعد المحورى للملف عن طريق نزع التساميك اذا كان الارتفاع زائدا او عن طريق ادخال تساميك اضافية اذا كان الارتفاع غير كاف .

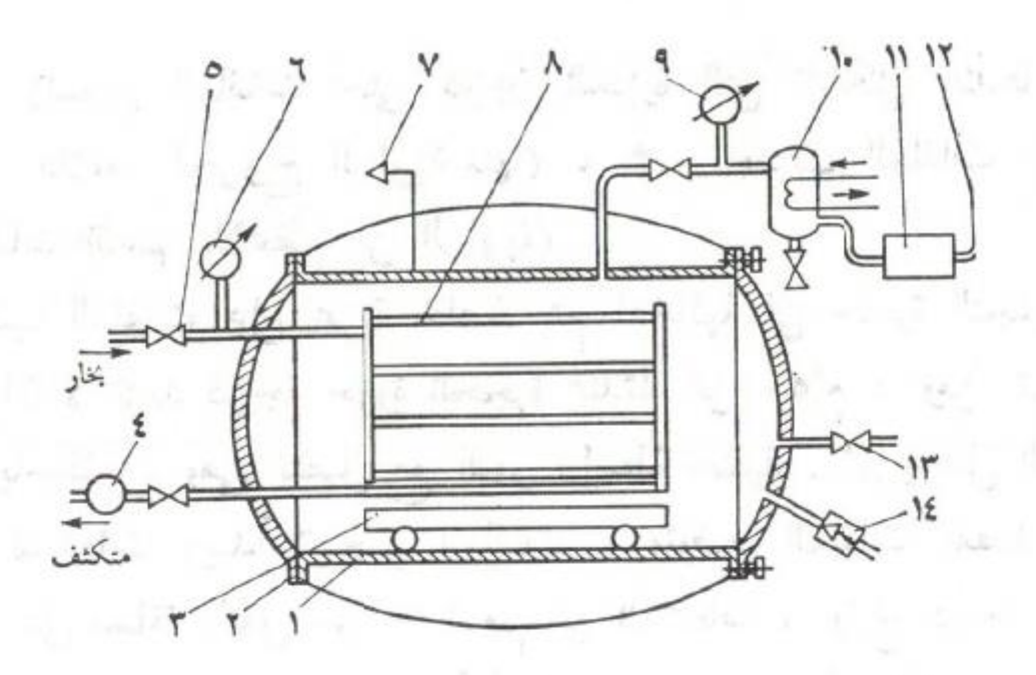
البند ٤٣ — تجفيف ملفات المحولات

ان جميع المواد العازلة التى تصنع على اساس السليلوز (ورق الكابلات وورق الهاتف ، والورق المقوى والكرتون الكهربائى والاسطوانات الورقية البيكاليتية) وعلى اساس القطن (شريط التفتا والكيبر) تتشرب الرطوبة من الهواء الجوى بشكل فعال ، اى انها تترطب الى حالة معينة من التوازن تتوافق مع الرطوبة النسبية للهواء ومع الضغط الجوى . وتنخفض المتانة الكهربائية بشدة وكذلك يزداد حجم العازل المرطب ، اى ينتفخ العازل .

تحمل عملية الترطيب طبيعة مزدوجة ، فان ذرات الماء من جهة تملأ المسامات بين الالياف ، ومن جهة اخرى يتحد قسم من الذرات المائية مع ذرات السليلوز ، اى له روابط ذرية . وهذه الذرات وتلك ترطب العازل ، غير ان تأثيرهما مختلف ، فذرات الماء التى تتمتع بروابط ذرية لا تؤثر عمليا على الانتفاخ ، ولا تؤثر على المتانة الكهربائية الى حد معين من الفلطية المطبقة . ويتمتع العازل الحاوى على ذرات ماء مرتبطة ذريا ، بخواص المرونة والمتانة . فاذا تم نزع الماء المرتبط ذريا من العازل اثناء التجفيف الطويل الامد بالتجفيف فى الخلاء ، يصبح العازل عندئذ هشا وغير متين ، غير انه يتمتع بخواص عالية للعزل الكهربائى .

وتنحصر عملية تجفيف ملفات المحولات فى ازالة الماء الموجود فى مادة العازل حالة حرة . وتؤثر العوامل التالية على جودة التجفيف وسرعته : درجة حرارة الهواء المحيط بالعازل ورطوبته النسبية ، الضغط البارومترى الخارجى بالنسبة للعازل ، سرعة حركة الهواء مباشرة عند سطح العازل ؛ مقدار سطح العازل .

فى المصانع الكبيرة للاصلاح الكهربائى تجفف الملفات فى حجرات التجفيف بالخلاء مع التسخين بالبخار . والقسم الاساسى لحجرة التجفيف بالخلاء هو الهيكل — الخزان ١ (الشكل ١٢٧) ، الذى يزود اطاره بحلقة منع تسرب من المطاط الصامد للحرارة . ويثبت الغطاء ٢ على نبيطة مساعدة فى فتح الغطاء واغلاقه . ويثبت الباب اثناء التجفيف بلوالب قلابة ، وتوجد



الشكل ١٢٧ – حجرة افقية للتجفيف فى الخلاء :
١ – خزان ملحوم ، ٢ – غطاء ، ٣ – عربة ، ٤ – وعاء للمتكثف ، ٥ – صمام انزلاقى لودلو ، ٦ – مقياس الضغط ، ٧ – مقياس الحرارة بالمقاومة ، ٨ – مشعاب التسخين بالبخار ، ٩ – مقياس الخلاء ، ١٠ – جهاز التكثف ، ١١ – مضخة التخلية ، ١٢ – انبوبة العادم ، ١٣ – حنفية نزع الخلاء ، ١٤ – صمام الامان

على السطح الداخلى للحجرة مشعات التسخين بالبخار ٨ ، التى يمر فيها البخار الذى يرفع درجة حرارة الحجرة حتى ١٠٠ – ١١٠°م . وتغطى السطوح الخارجية للهيكل والغطاء بتغطية عازلة للحرارة ، وذلك بهدف انقاص الضياع الحرارى .

يتم احداث التخلخل فى الحجرة بمضخة تخلية . ويوضع بين الحجرة ومضخة التخلية عمود التكثيف حيث تتكثف الابخرة المارة وتسيل على شكل ماء . وبالاضافة الى ذلك ، فان العمود يحمى مضخة التخلية من دخول الماء اليها ، ويسمح بحساب كمية الرطوبة الخارجة من الملف . ويركب المقياس ВБС-1 لقياس الضغط المتبقى فى الحجرة ، ومقياس الحرارة بالمقاومة لقياس درجة الحرارة . ويراقب سير عملية التجفيف كل ساعة بقياس كمية الماء المتكثفة .

تقسم عملية التجفيف فى الخلاء الى ثلاث مراحل رئيسية : ١ – رفع درجة الحرارة داخل حجرة التجفيف حتى المقدار المعين ، ٢ – تسخين

الملفات (تسخن الملفات حتى درجة الحرارة التى تتشكل عندها أكثر الظروف ملاءمة لخروج الرطوبة منها) ، ٣ – تجفيف الملفات (يخرج من الملفات القسم الاعظم من الرطوبة) .

تركب الملفات على عربة خاصة يتم ادخالها فى حجرة التجفيف ، ويجب ان لا تزيد درجة حرارة الحجرة عندئذ عن ٥٠°م ، ومن ثم تغلق الحجرة باحكام ، وهى تتصل مع الجو بواسطة حنفية . ثم يوصل التسخين بالبخار للمشعات ويبدأ تسخين الملفات ، وتوضع الملفات بقصد حفظ العازل ، على مسافة لاتقل عن ٢٠٠ مم عن المشعات ، وترفع درجة الحرارة حتى ١٠٠ – ١١٠°م بسرعة ١٥°م/ ساعة . وعند هذه الدرجة تسخن الملفات لمدة ٤ ساعات ، ويبدأ عد زمن التسخين اعتبارا من لحظة ثبات درجة الحرارة ١٠٠°م ، وبعد ذلك تغلق حنفية دخول الهواء ، وتبدأ بالعمل مضخة التخلية . ويتم تخفيض الضغط المتبقى على مراحل بمعدل ١٣٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ باسكال ، وبعد كل مرحلة يترك الضغط نفسه لمدة ساعة واحدة .

يفتح سجل اثناء عملية التجفيف تسجل فيه كل ساعة درجة الحرارة والضغط المتبقى فى الحجرة ، وضغط البخار وكمية المتكثف الخارجة خلال ساعة واحدة . ويعتبر توقف خروج الماء المتكثف خلال ثلاثة قياسات اجريت بعد كل ساعة ، معيارا لانتهاء التجفيف . وتستمر عملية التجفيف عادة من ١٨ الى ٢٤ ساعة ، وعند انتهاء التجفيف يفصل التسخين ويتوقف عمل مضخة التخلية ، وتفتح حنفية دخول الهواء ، وبعد ذلك يفتح باب الحجرة وتخرج العربة ، ثم تشد الصوامل على صبالم الشد دون نزع الملفات . وبعد ذلك تفرغ العربة من الملفات .

وفى العديد من منشآت الاصلاح الكهربائى تستخدم للتجفيف خزائن حرارية تسخن كهربائيا . وتستخدم فى هذه الخزائن عناصر التسخين TЭH ، التى لا تزيد درجة تسخينها على ٣٥٠°م ، وذلك لانه عند الدرجة ٤٠٠°م يمكن ان تلتهب ابخرة المواد الحالة للك التشريب ولك التغطية . ويتم تشكيل مسخن يتمتع بمساحة اشعاع كافية ، من عناصر التسخين TЭH على شكل U بقدرة تعادل ١ – ١,٥ كيلوواط .

ويمكن ان يستخدم مقياس الحرارة الزئبقى التماسى لضبط درجة الحرارة ، حيث توصل تماساته مع دائرة التغذية لمرحل بينى يتحكم بتغذية عناصر التسخين . وتحدد على ميزان الحرارة ، الدرجة القصوى لتسخين الخزانة : لتجفيف الملفات ١٠٥°م ، ولشوى اللك عند تصنيع الاجزاء العازلة المكبوسة ١٣٥°م ، وتزود الخزائن بتهوية شافطة .

البند ٤٤ ـ تشريب وشوى الملفات

تشرب عادة ملفات المحولات الزيتية والجافة من القياس الاول والثانى وبفلطية تصل حتى ١٠ كيلوفولط ، بدون تجفيف مسبق ، اما ملفات المحولات الزيتية من القياس الاول والثانى وبفلطية ٣٥ كيلوفولط وملفات المحولات الخاصة فانها تشرب عادة بعد التجفيف والكبس (انظر الفقرة السابقة) .

تشريب وشوى ملفات المحولات الزيتية . غالبا ما تشرب ملفات المحولات الزيتية باللك МЛ-92 بالتغطيس ، وللحصول على اللزوجة العاملة للك يضاف اليه الكسيلول أو الكحول الصناعى وتغطس الملفات الجاهزة للتشريب فى خزان اللك بحيث يكون مستوى اللك اعلى من الملف بما لا يقل عن ٥٠ ـ ١٠٠ مم ، وتبقى الملفات فى اللك حتى يتوقف خروج الفقاعات الهوائية ، ولكن بما لا يقل عن ١٠ دقائق . ثم ينزع الملف من حوض اللك ويوضع على قاعدة حتى تسيل كمية اللك الزائدة تماما ، ويترك فى الهواء لمدة لا تقل عن ساعة واحدة ، وبعد ذلك يوضع الملف على عربة خاصة ويتم ادخاله الى خزانة (حجرة) لشويه مع الدوران الاجبارى للهواء ؛ حيث يتم ضبط دخول الهواء النقى وخروج الهواء الحاوى على ابخرة المواد الحالة بواسطة صفائح خانقة . وبعد ادخال الملفات الى الخزانة يتم تشغيل المسخنات ومنظومة التهوية، وترفع درجة الحرارة فى الخزانة حتى (١١٥ ± ± ٥)°م. وتشوى الملفات عند هذه الدرجة حتى تختفى خاصة الالتصاق للك ، ولكن لفترة لاتقل عن ٩ ساعات .

تشريب وشوى ملفات المحولات الجافة . ان ملفات المحولات الجافة العاملة فى المبانى المحمية من وقوع الرطوبة عليها مباشرة ، وعندما تكون الرطوبة النسبية للهواء اقل من ٦٥٪ ، تشرب باللك БТ-987 بنفس الطريقة التى استخدمت لتشريب ملفات المحولات الزيتية . وتشوى الملفات المشربة بدرجة (١١٥ ± ٥)°م حتى تختفى خاصة الالتصاق للك ، ولكن لفترة لا تقل ١٢ ساعة .

اما ملفات المحولات الجافة والمحولات الخاصة العاملة فى المبانى ذات الرطوبة العالية فتشرب وتشوى مرتان باللك МЛ-92 والمينا ГФ-92ГС .

وان الملفات المشربة باللك МЛ-92 والمشوية ، تغطس فى حوض المينا ГФ-92ГС وتبقى لمدة دقيقتين . بعد ذلك تنزع الملفات وتوضع على قاعدة كى يسيل فائض المينا خلال ٢٠ دقيقة ، ومن ثم يشوى الملف فى حجرة فيها هواء جار بدرجة (١١٠ ± ٥)°م حتى تختفى خاصة الالتصاق، ولكن لمدة لا تقل عن ٦ ساعات .

البند ٤٥ ـ انجاز الملفات

ينفذ الانجاز بعد الكبس والتثبيت للملفات :

ـ تقص اللاطات الاستنادية حسب تعليمات المخطط ، فى القسم العلوى للملفات ؛

ـ تطرق وتقوّم انتقالات الاسلاك بين الوشائع (اللفات) ؛

ـ تقص الاطراف الحرة لشرائط العزل ؛

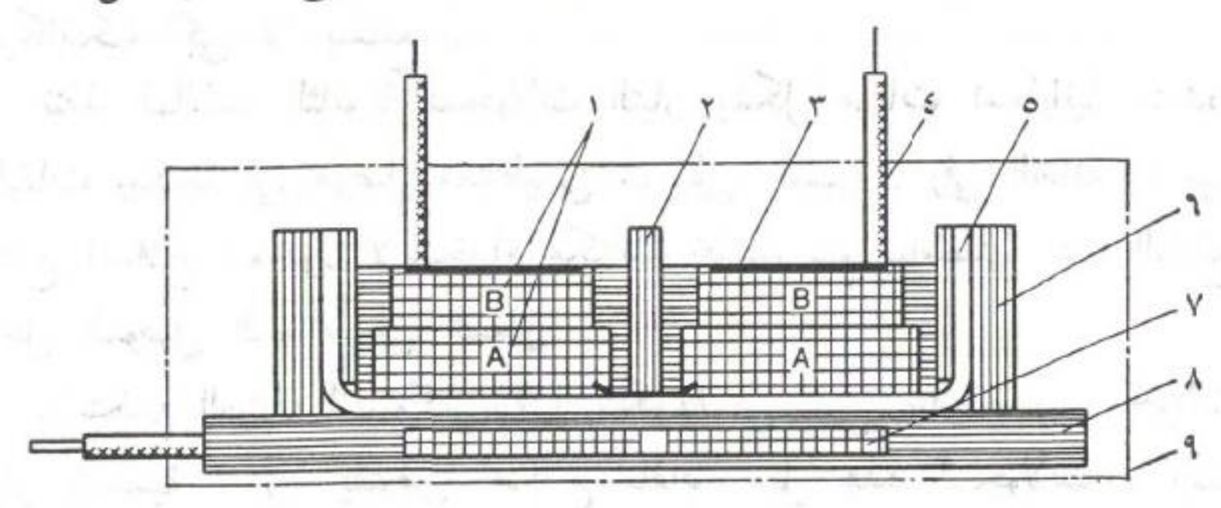
ـ يفحص عازل اطراف الملف ، وتثنى الاطراف ذاتها وتوضع حسب المخطط ؛

ـ تفحص مرة ثانية اعمدة التساميك ، وتسوى عند الضرورة بعد تحرير ضغط الكبس مؤقتا .

وتحزم الملفات التى ترسل الى مكان اصلاح المحولات خارج منشأة الاصلاح ، مع استخدام ورق التحزيم الصامد للمياه ، وكذلك بواسطة أكياس من غشاء البولى اتيلين .

البند ٤٦ ـ ملفات محولات القياس

ان الملفات الثانوية لمحولات الفلطية ، التى هى عبارة عن ملفات الفلطية المنخفضة ، تنفذ بشكل ملفات اسطوانية بسيطة او ثنائية الطبقات ، ملفوفة على اسطوانات من الكرتون الكهربائى . اما الملفات الاولية لمحولات الفلطية ، التى هى عبارة عن ملفات الفلطية العالية ، فهى تنفذ بشكل ملفات



الشكل ١٢٨ ـ بنية ملفات محول الفلطية ماركة HOM-35-66:
١ ـ ملف الفلطية العالية (الوشيعتان A و B) ، ٢ ـ فلكات من الكرتون الكهربائى ، ٣ ـ حاجز الكهرباء الساكنة ، ٤ ـ طرف المأخذ العام (من السلك المرن) من ملف الفلطية العالية حاجز الكهرباء الساكنة ، ٥ ـ اسطوانة مشفهة من ورق الكابلات ، ٦ ـ فلكات طرفية من الكرتون الكهربائى ، ٧ ـ ملف الفلطية المنخفضة ، ٨ ـ اسطوانة من الكرتون الكهربائى ، ٩ ـ كونتورات لنافذة الموصل المغناطيسى

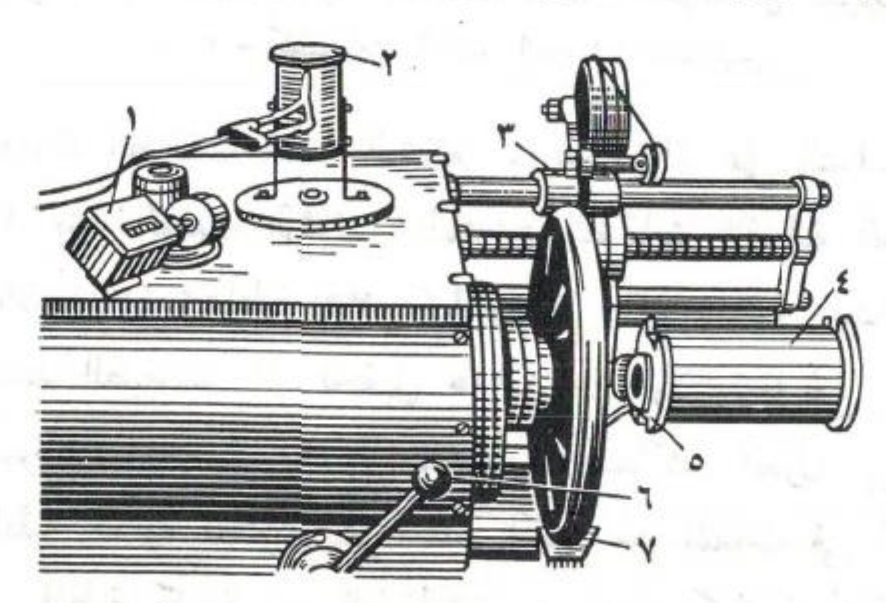
اسطوانية متعددة الطبقات ثنائية الوشائع ، الموصولة على التسلسل . ويبين الشكل ١٢٨ بنية الملف الوشائعى المتعدد الطبقات للفلطية العالية لمحول الفلطية HOM-35-66 (بفلطية ٣٥ كيلوفولط) . ويهدف استخدام الملف الوشائعى العديد الطبقات الى تحقيق هدفين : اولا تخفيض الفلطية بين الطبقات بمرتين ، مما يسمح بانقاص سماكة العازل بين الطبقات (ملفات الفلطية العالية تحتوى على عدد اكبر من اللفات فى كل طبقة ، وبالتالى على فلطية كبيرة بين الطبقات) ، وثانيا يكون المأخذان الطرفيان خارج الملف .

تحتاج ملفات الفلطية العالية لمحولات الفلطية الى سلك لف صغير القطر ، نظرا لصغر قيم التيار . غير انه لا تستخدم اسلاك لف بقطر اقل

من ٠,٢ مم (بالرغم من انه كان بالامكان حسب التيار استخدام أقطار اصغر من ذلك) ، وذلك لاعتبارات المتانة الميكانيكية . والمقصود بذلك هو ان العازل بين الطبقات فى محولات الفلطية وذات الفلطية العالية ، يتألف من عدة طبقات من ورق الكابلات ، ولكى نؤمن اللف المرصوص من الضرورى شد السلك بمقدار كاف ، وبالتالى يجب ان يكون السلك متينا من الناحية الميكانيكية كى لا ينقطع .

تنفذ الملفات الثانوية لمحولات التيار بشكل ملفات اسطوانية متعددة الطبقات وملفوفة فى موصل مغناطيسى شريطى (قلب) . وفى الحالة الاخيرة يحتاج اصلاح المحول لاستخدام مكنات خاصة يتم بواسطتها لف الوشائع داخل الموصل المغناطيسى المغلق .

وتستخدم العوازل الهيبوكسيدية المسكوبة فى انواع عديدة من محولات التيار والفلطية ، ولا يفترض اصلاح ملفات مثل هذه المحولات . وعند لف ملفات الفلطية المنخفضة والعالية لمحولات الفلطية تستخدم عادة مكنة اللف المبينة على الشكل ١٢٩ بصفة المعدات الاساسية . وتزود المكنة بمحرك كهربائى ودواسة مع لقمة الفرملة ٧ ، وعداد ١ لعدد دورات عمود الدوران ، وآلية الترتيب الاوتوماتى ٣ للفات ، التى تضبط تبعا لقطر السلك



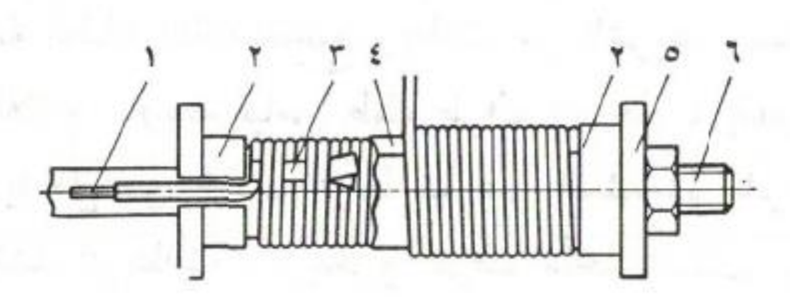
الشكل ١٢٩ — مكنة اللف :

١ — عداد دورات عمود الدوران ، ٢ — حوض اللحام ، ٣ — آلية التوزيع الاوتوماتى للفات ، ٤ — الملف الجاهز للفلطية المنخفضة ، ٥ — شابلونة (لقمة) ، ٦ — قبضة مفتاح تحويل الاتجاه لسير آلية وضع اللفات ، ٧ — طوق الفرملة

وهى مزودة بنبيطة لتغيير اتجاه اللف يتم التحكم بعملها بواسطة القبضة ٦، وفى المكنة يوجد كذلك حوض لحام المونة من اجل لحام الاسلاك . والنبائط المساعدة هى : دعامة للطنبور الحاوى على السلك ، وتجهيزة الشد ، ومشعل اللحام الغازى وطاقم الشابلونات ٥ من اجل لف الملفات .

يضم طاقم الادوات ما يلى : مطرقة ، زردية ، قراضة ، مبرد ناعم ، تسميكة من الفيبر والخ . وتتألف المواد المساعدة الضرورية مما يلى : مونة اللحام ، الصهور ، البارافين ، الشريط (من الكيبر والتفتا) ، اللك البيكاليتى وغيره .

وكمثال على التكنولوجيا النموذجية للف وشائع محولات الفلطية ، يمكن ان نأخذ عملية لف وشائع المحول HOM-35-66 ، باعتباره محولا معقدا بما فيه الكفاية . وفيما يلى نورد نظام عملية لف الملف الاسطوانى الثنائى الطبقات للفلطية المنخفضة : تركب الشابلونة الفولاذية مع اللقم ٥ على العمود الدوار ٦ (الشكل ١٣٠) لمكنة اللف . وتلف على الشابلونة اسطوانة من الكرتون



الشكل ١٣٠ – لف ملف الفلطية المنخفضة الاسطوانى ، الثنائى الطبقات فى محول الفلطية HOM-35-66

١ – سلك اللف ، ٢ – شريط طرفى من الكرتون الكهربائى ، ٣ – ربطة من شريط التفتا ، ٤ – العازل ما بين الطبقات ، ٥ – اللقمة الفولاذية للشابلونة ، ٦ – عمود الدوران فى المكنة

الكهربائى سماكته ٠,٥ مم ثلاث لفات ، ويدهن طرف اللوح بلك بيكاليتى كثيف . وتدرفل الاسطوانة الحاصلة بعمود خشبى وتربط بشريط من قماش قطنى ، ويلف على طرفى الاسطوانة وبشكل محكم على اللقم ، شريطان لتسوية الاطراف ٢ ، يلصق طرفاهما مع الاسطوانة ، وكذلك يربطان بشريطة .

ويجب ضبط قوة شد اللف ، بحيث يتأمن اللف المتراص للوشيعة ، وفى نفس الوقت لا يتضرر عازل السلك . وبعد قياس طول طرف المأخذ

تلبس عليه أنبوبة واقية ويثنى السلك ويدخل تحت الشريط الرابط للعازل الطرفى ، ثم يوضع فى شق اللقمة الموجودة على الشابلونة ، ويثبت بلف طرف السلك على عمود الدوران . ويوضع عداد الدورات على الصفر وتبدأ عملية لف الوشيعة .

توضع على اللفة الاولى ربطتان من شريط التفتا ، كما هو مبين على الشكل ١٣٠ ، ثم تلف ٤ — ٥ لفات ، وتشد الربطات ، ثم تلف ٢ — ٣ لفات تحت الشريط ، ومن ثم يمرر طرفا الشريط تحت اللفات التالية . وبعد نزع الشريط المؤقت الذى يربط الاسطوانة تستمر عملية اللف مع المراقبة على عملية لف السلك بحيث يتوضع بانتظام وبشكل مرصوص دون الحاق الاذى بالعازل .

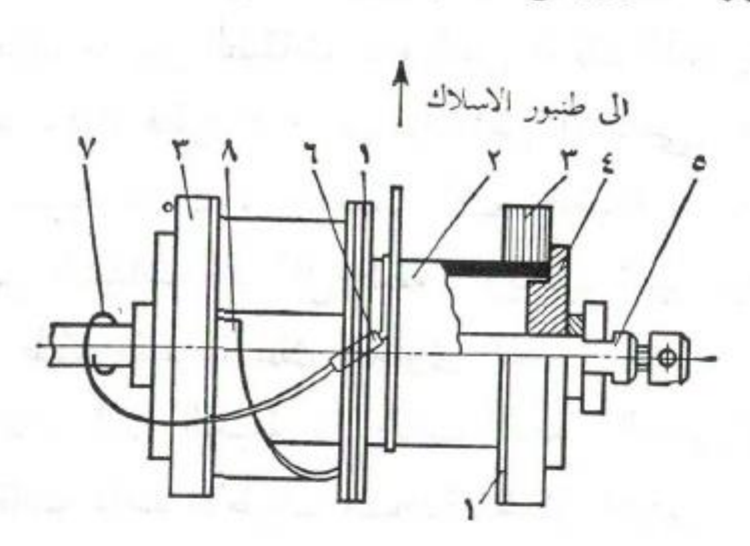
وبعد انتهاء لف الطبقة الاولى يوضع العازل ٤ ما بين الطبقات ، وتوضع فوقه الشرائط الطرفية ٢ بعد ربطها بشريط من التفتا . ومن ثم تلف الطبقة الثانية للملف مع رص اللفات باسفين من الفيبر او الخشب . وقبل ٥ — ٦ لفات من نهاية الطبقة الثانية توضع ربطات من الشريط ويستكمل اللف الى عدد اللفات اللازم . وبعد قياس طول طرف المأخذ ، يقص السلك وتلبس أنبوبة واقية ويدخل من خلال الربطات غير المشدودة لشريط التفتا ، ثم يثنى السلك وتشد الربطات . ويحزم طرف مأخذ الملف بمقدار ٦ — ٨ دورات من الشريط .

ينزع الملف الجاهز من المكنة ، وتسحب الشابلونة وتنظف المآخذ بمقدار ٥٠ مم، وتعرض للفحص الفنى الذى ينحصر فى الكشف الخارجى والتأكد من ابعاد الملف والسلك ، وصحة اماكن عوازل المآخذ وتثبيتها . ثم يرسل الملف الى مركز الرقابة لمحطة الاختبار للتأكد من عدد اللفات وعدم وجود قصر دائرة بين اللفات .

ويلف ملف الجهد العالى للمحول HOM-35-66 فوق ملف الجهد المنخفض (الفلطية المنخفضة) . وينفذ ملف الفلطية العالية على شكل ملف اسطوانى وشائعى (مؤلف من وشيعتين) . ولكى نلف ملف الفلطية العالية يركب على المكنة الملف الجاهز للفلطية المنخفضة ويدهن بلك بيكاليتى ويلف

عليه الكرتون الكهربائى الصفيحى ، الذى يساوى عرضه للبعد المحورى للملف (مع اخذ اللقم ضمن القياس) . ويجب ان تكون السماكة العامة للعازل المصنوع من الكرتون الكهربائى ، مساوية ٦ مم . ويدهن طرف اللوح من الاسفل بلك بيكاليتى ، ويدرفل بعمود خشبى ، وتربط مؤقتا بعدة لفات من شريط الكيبر . وفيما بعد تدهن اطراف الكرتون الكهربائى باللك ، وتنزع الاربطة المؤقتة وتلف على الاسطوانة باحكام اشرطة من ورق الكابلات بسماكة كلية قدرها ٦ مم . ويجب ان يكون الشريط مقرضا من الطرفين على عمق ٦٥ مم بخطوة ١٦ مم ، ويكون عرض الشريط أكبر من البعد المحورى للملف . وبعد ان تثنى الاطراف المقرضة للورق ، تشكل كذلك عازلا لطرفى الملف (انظر الشكل ١٠٣ ، الموقع ٥) . وعند وضع الشريط يجب الانتباه لعدم انطواء الاطراف المقرضة ، وان تبرز من الجهتين بشكل متساو ، وان لا يزيد تطابق التفريعات عن ٢٥٪ ، ثم تقص اطراف الورقة وتدهن باللك وتربط بشريط من التفتا .

وفيما بعد ، ينزع الملف عن المكنة وينزع شريط التفتا ، وتلبس فلكات من الكرتون الكهربائى ٢ (انظر الشكل ١٣٠) و ١ (الشكل ١٣١)



الشكل ١٣١ — لف الملف الوشائعى الاسطوانى المتعدد الطبقات ، والعالى الفلطية فى محول الفلطية HOM-35-66

١ — فلكة بينية من الكرتون الكهربائى ، ٢ — اسطوانة عازلة ملفوفة فوق ملف الفلطية المنخفضة (الأسطوانة المشفهة من ورق الكابلات غير مبينة) ، ٣ — حلقة تسوية مؤقتة (تكنولوجية) ، ٤ — لقمة فولاذية للطبعة (الشابلونة) ٥ — العمود الدوار للمكنة ، ٦ — انبوبة واقية ، ٧ — سلك اللف ، ٨ — شريط مؤقت لتحديد المسافة من الكرتون الكهربائى المجعد

فوق الاسطوانة المصنوعة من ورق الكابلات . وتوضع هذه الفلكات بحيث تكون السماكة الكلية فى وسط الملف ٨ مم ، وفى الاطراف ٣ مم . وترص الفلكات الطرفية الى طرفى الاسطوانة المشفهة ، حيث يكون الطرفان مقرضان بعناية ومرتبان بدقة ، وتوضع بين الفلكتين الطرفيتين والفلكات المتوسطة تساميك تكنولوجية من الكرتون المجعد والمقوى ٨ على شكل مبسط عرضه ٧٥ مم ، تثبت بلفتين او ثلاث من شريط الكيبر .

يركب الطاقم المجمع للشابلونة مع اللقم الفولاذية ٤ على عمود الدوران ٥ للمكنة ، ثم يثبت. وبما ان اتجاه لف الملف العالى الفلطية هو يسارى ، فاننا نبدأ بلف الوشيعة الواقعة من اليمين (التى تكون بدايتها من اليسار) . وتلف الطبقة الاولى (والاخيرة) من كل وشيعة بسلك لف قطره ٠,٧٤ مم (له مقطع مقوى) . ويمرر طرف السلك ٧ مع الانبوبة الواقية ٦ الملبسة عليه ، تحت الفلكات المتوسطة ١ ، ثم يثبت هذا الطرف . ثم يحدد عداد الدورات على الصفر وتلف الطبقة الاولى للوشيعة A (انظر الشكل ١٢٨) بعد ان تكون قد وضعت تحتها مسبقا شريطة مبسطة من الكرتون الكهربائى (كى لاتزاح الفلكات) ، والعازل بين الطبقات . وبعد انتهاء لف الطبقة الاولى يوضع العازل ما بين الطبقات ، ويقص السلك الذى يعادل قطره ٠,٧٤ مم ويلحم معه سلك قطره ٠,٢ مم (القياس الاساسى) ، ثم يعزل مكان اللحام بنسيج مشرب باللك ، ويستمر لف الوشيعة A ، بعد وضع طبقة من العازل ما بين الطبقات بعد كل طبقة . ويجب تعيير نبيطة توزيع اللفات فى كل طبقة طبقا لقطر السلك الجارى لفه .

وعند الانتقال الى الوشيعة Б (ذات البعد المحورى الاقل) يوضع العازل بين الطبقات ذات الأطراف المحنية بشكل اعرض . وفى نهاية الطبقة ما قبل الاخيرة يقص السلك ويلحم مع سلك قطره ٠,٧٤ مم ، ويعزل مكان اللحام ، ويوضع العازل ما بين الطبقات والحاجز الكهروستاتى ٣ (انظر الشكل ١٢٨) ، المؤلف من رقائق النحاس الاصفر المصفوفة على الشريط المبسط من الكرتون الكهربائى ذى الاطراف المحنية . ويوضع الحاجز بحيث يكون طرف المأخذ ، الذى سيكون مأخذا طرفيا للوشيعة ، موجها نحو

طرف الوشيعة . وتوضع فوق الحاجز طبقتان من العازل ما بين الطبقات ، وتلف الطبقة الاخيرة للوشيعة Б ، مع رص العازل باسفين من الفيبر لكى يرص الحاجز باحكام على الوشيعة . ومن ثم يقص السلك ويلحم مع الحاجز . وتلف الوشيعة من الاعلى بشريط مبسط من الكرتون الكهربائى عبر ثقب يمرر منه طرف المأخذ ، وبعد ذلك تربط الوشيعة بشريط من التفتا .

تنزع عن المكنة ، المجموعة الوشائعية الاولى الملفوفة (А — Б) من ملف الفلطية العالية مع ملف الفلطية المنخفضة ، وتدار بمقدار ١٨٠°، ويركب الملف مجددا على المكنة بطرفه الآخر ويثبت من اجل لف المجموعة الثانية للوشائع ، مع التكرار التام لجميع العمليات التكنولوجية التى نفذت عند لف المجموعة الاولى للوشائع .

ينزع الملف الجاهز عن المكنة ويحرر من اللقم والحلقات التكنولوجية ، ويوضع بدلا عن الاخيرة طاقم من الفلكات التى تربط مؤقتا فى مكانين او ثلاثة اماكن فى الاتجاه المحورى بشريط من الكيبر . ومن ثم تنفذ الاعمال الانجازية للملف ، حيث تقص الاطراف المقرضة للاسطوانة المشفهة ، وتنظف اطراف المآخذ ، وبعد ذلك يرسل الملف الى الرقابة . ويرسل الملف بعد اجتيازه للرقابة الفنية ، الى مرحلة التجفيف الاولى فى خزانة التجفيف بالخلاء . ويرسل الملف بعد التجفيف الاولى ، الى مركز الرقابة فى محطة التجريب حيث يجرى التأكد من صحة عدد اللفات . ومن الضرورى اجراء التجفيف الاولى لملفات الفلطية العالية لمحولات الفلطية لـ ٣٥ كيلوفولط وأكثر ، وذلك لانه عندما يكون العازل رطبا يستحيل عمليا حساب عدد اللفات بسبب الوجود المحتمل لتيارات التهريب .

ومن مركز محطة الاختبار يرسل الملف ثانية الى قسم التشريب باللك МЛ-29 . وتنحصر عملية تشريب الملف فى تسخينه المسبق وتجفيفه وتشريبه باللك (بطريقة الغطس) ثم شويه . وان تشريب الملف المتعدد الطبقات باللك مع الشوى اللاحق ، يرفع من المتانة الميكانيكية اضافة الى زيادة المتانة الكهربائية والصمود ضد الرطوبة .

وبعد سحب الملفات من الفرن ، فانها تترك لتبرد ، ومن ثم تعرض ثانية للرقابة الفنية وترسل الى مكان تجميع المحولات .

وقد ذكر اعلاه ، انه يمكن فى ظروف منشآت الاصلاح ، القيام باصلاح القليل من انواع محولات التيار . ويمكن هنا عادة أصلاح فقط محولات التيار ، التى يمكن نزع الملف منها . وهذه المحولات هى بشكل رئيسى ، تلك المحولات التى تحتوى على موصلات مغناطيسية محشوة (قلوب) ، مثل المحولات ТКФ-3 ، ТФ-10 : ТПФ-10 وغيرها .

وتكون الملفات الثانوية لمحولات التيار على عدة طبقات ملفوفة على هياكل عازلة مستطيلة الشكل . وعند اعادة لف ملفات محولات التيار يجب ان يعار اهتمام خاص لمراعاة التوزيع العام المصنعى للفات ، والشكل العام للملف وابعاده . ويجب ان تكون لفات الملف موزعة بانتظام على ارتفاعها ، وخاصة فى طبقتها الاخيرة (فى الملف العديد الطبقات) .

ولاتجاه اللف كذلك أهمية كبيرة ، فهو يجب ان يكون منطبقا مع اتجاه لف الملف الاولى ، اى أن اتجاه الدوران حول الملف يجب ان يكون متشابها من U_1 و U_2 ومن $Л_1$ و $Л_2$ (تذكر هذه الرموز على المحول) . ويجب ان تشرب الملفات الثانوية بعد اعادة اللف ، باللك المناسب (الاسفلتى او الراتنجى الالكيدى) مع التجفيف والشوى اللاحقين حسب تعليمات المصنع .

ويجب القيام بتركيب الملف الاولى على الموصل المغناطيسى بشكل متماثل بالنسبة للملف الثانوى ، اى طبقا للوضع الاولى (فى المصنع) . وقد يؤدى تغيير وضع الملفات الى تغيير الخطأ الذى يعطيه محول التيار .

اما اعادة لف الملفات الثانوية لمحولات التيار الحاوية على موصل مغناطيسى شريطى ، فهى اعقد بكثير ، ويمكن تنفيذها فى حالات الضرورة القصوى يدويا ، مع المراعاة الضرورية لوضع اللفات الاولى وللابعاد .

البند ٤٧ ـ نظام تسلسل فك المحولات وتجميعها

ان فك وتجميع المحولات هما عبارة عن مجموعة متكاملة من العمليات المختلفة والمهمة جدا ، تنفذ وفق التسلسل المحدد حسب تصميم المحول ، بشكل رئيسى .

وغالبا ما يؤدى الفك غير الصحيح للمحول الى الحاق الاذى ببعض الاجزاء التى تصلح للاستعمال ثانية ، والى زيادة مدة بقاء المحول فى الاصلاح .

اما المحول الذى جرى تجميعه مع الاخلال الفظ لقواعد التجميع ، فانه يتعطل ويصبح غير صالح للعمل ويشكل حادثا لحظة وصله مع الشبكة الكهربائية او بعد فترة عمل قصيرة .

ولا يقوم عادة عامل اللف والعزل بفك وتجميع المحولات ، غير انه ملزم بمعرفة الطرق الاساسية لتنفيذ هذه العمليات .

فك المحول . يجرى فك المحول فى مبنى جاف ومدفأ ومجهز لهذا الغرض ، ومزود بوسائط رفع محسوبة على وزن المحولات الواجب اصلاحها ، وكذلك مزود بالعدد والادوات اللازمة .

وينفذ الفك الكلى لمحول مملوء بالزيت مع موسع ، مع مراعاة التسلسل التالى :

يفرغ الزيت حتى مستوى ١٥ ــ ٢٠ سم اخفض من حافة الخزان ، ومن ثم تفصل الوصلة الانبوبية التى تصل الخزان مع الموسع ، وتنزع مع الموسع عن حوامله . واذا كان فى الوصلة الانبوبية مرحل غازى ، فان عملية الفك (بعد تفريغ الزيت) تبدأ من فك المرحل الغازى . وبعد نزع الوصلة الانبوبية ، توضع سدادة على ثقب الغطاء ، لكى لا يتوسخ الزيت الموجود فى الخزان ولا تدخل الرطوبة اليه . وفى هذه المرحلة من الفك تؤخذ الاجراءات لحماية الاجزاء واجهزة القياس المطلوب فكها (المرحل الغازى ، مقياس الحرارة ، المنبه الحرارى ، مؤشر الزيت ، التساميك ، اجزاء التثبيت ، وغيرها) .

ثم تفك اللوالب مع الصوامل على كامل محيط الخزان ، ويرفع غطاء المحول بمساعدة آليات الرفع (مرفاع ، رافعة ، ونش) . واذا كان القسم الفعال فى المحول مثبتا على غطائه ، يرفع الغطاء عندئذ مع القسم الفعال . وعند رفع الغطاء نقوم بما يلى : بعد رفع الغطاء لمسافة ٢٠ ــ ٢٥ سم فوق الخزان يتم الكشف على حالة موصل الاحكام (الجوان) ، فاذا كان صالحا للاستعمال مرة ثانية ، تؤخذ الاحتياطات لحمايته . غالبا ما يوضع موصل

الاحكام بعد دهان سطحه باللك البيكاليتى ، مما يجعل فصله عن الخزان بعد مرور الزمن صعبا جدا ، وتنفذ عملية الفصل هذه بحذر بواسطة السكينة ، وبحيث لا تقع اصابع العامل فى الفراغ الكائن بين الغطاء وخزان المحول .

ففى المحولات التى لا تقع مآخذها على الغطاء ، وانما تقع على جدران الخزان ، ينزع الغطاء اولا ثم يفرغ الزيت من الخزان حتى ينخفض مستواه بمقدار ١٠ — ١٥ سم عن الثقوب التى توجد فيها المآخذ ، ومن ثم تفك تفريعات الملف عن القضبان وتفك المآخذ ، وبعد ذلك يرفع القسم الفعال للمحول .

يمكن فتح المحول بشرط ان تكون درجة حرارة الهواء المحيط اخفض ، او فى اسوأ الحالات مساوية لدرجة حرارة القسم الفعال المنزوع من خزان المحول . وفى الحالة المعاكسة ، فان الرطوبة الموجودة فى الهواء المحيط سوف تتكثف على سطح عوازل الملف والاجزاء الاخرى العازلة ، مما قد يؤدى الى التخفيض الشديد لمقاومتها الكهربائية . وفى حال ضرورة احداث الظروف التى تستثنى امكانية تكثف الرطوبة على العوازل ، يوضع القسم الفعال للمحول فى مبنى مدفأ او يسخن الملف حتى درجة حرارة تزيد ١٠ — ١٥°م عن درجة حرارة الهواء المحيط فى المبنى . وتعتبر طريقة تقصير الدائرة احدى ابسط الطرق وأكثرها توفرا لتسخين القسم الفعال للمحول ، حيث يتم تقصير دائرة ملف الفلطية المنخفضة ، اما ملف الفلطية العالية فيوصل مع فلطية منخفضة ٢٢٠ او ٣٨٠ فولط .

ويجب ان لا تزيد مدة بقاء القسم الفعال خارج الزيت عن ١٢ ساعة فى الجو الرطب ، وعن ١٦ ساعة فى الجو الجاف ، ويبدأ حساب هذه المدة منذ لحظة بدء تفريغ الزيت من المحول . ويكون تنفيذ هذه المتطلبات ذا قيمة ، اذا كانت اعمال الاصلاح يمكن ان تنفذ خلال ١٠ او ١٥ ساعة على التوالى ، ولا ترتبط بالتبديل الجزئى او الكلى للملفات ، وذلك لانه فى الحالة الاخيرة نضطر للقيام بعملية التجفيف بغض النظر عن مدة بقاء القسم الفعال خارج الزيت .

عند رفع القسم الفعال يجب مراعاة اجراءات الاحتياط التى تستثنى امكانية الحاق الاذى بالملفات بواسطة حبال الرفع .

يوضع القسم الفعال على قاعدة مرتفعة وينظف من الاوساخ بسكب الزيت المسخن حتى ٤٠°م عليه ، وبعد ذلك يجرى الكشف وتحديد الأعطال .

ويهدف تحديد الاعطال الى تبيان مكان العطل وطبيعته ودرجة ضرره ، وتسجل الاعطال المكتشفة فى سجل الاعطال . وعند تحديد اعطال المحولات الواردة للاصلاح من التصميم القديم ، التى لا توجد معلومات عنها فى الالبومات النموذجية ، تؤخذ ابعاد الملفات المعطوبة والاجزاء لعازلة وترسم مخططاتها الكروكية . وغالبا ما يعهد بتنفيذ هذا الجزء من العمل لعامل اللف والعزل الذى يتوجب عليه تحضير الملف الجديد أو الاجزاء العازلة .

وبعد فحص اقسام المحول التى يمكن التوصل للكشف عليها ، ننتقل الى الفك اللاحق ، اى الى فك النير العلوى للموصل المغناطيسى ، ومن ثم الى فك الملفات .

لكى نفك النير العلوى للموصلات المغناطيسية للمحولات ذات الابعاد الاولى والثانية ، يجب فك الصوامل ونزع زوايا الرفع المركبة على عتبات النير . ومن ثم تفك الصوامل العلوية عن صبالم الكبس بواسطة مفاتيح شق ، وذلك بتحرير الصوامل بالتتابع من جهة واحدة للصبالم الافقية ، التى تشد النير العلوى ، ثم تنزع العتبات العلوية للنير .

يبدأ فك النير العلوى للموصل المغناطيسى من نزع الصفائح الطرفية مع مراعاة التسلسل التالى : عند فك النير للموصل المغناطيسى فى المحولات ذات الابعاد الاولى أو الثانية تنزع فى آن واحد ٩ — ١٢ صفيحة من رزمة واحدة ، اما عند فك النير العلوى للموصل المغناطيسى فى المحولات ذات الابعاد الثالثة او الرابعة ، فتنزع صفيحتان او ثلاث صفائح تبعا لكيفية تجميع النير . وتفك صفائح النير العلوى بعناية كى لا تتضرر عوازل الصفائح .

بعد الانتهاء من فك النير العلوى للموصل المغناطيسى ، تنزع عن جميع القلوب الحديدية اولا ملفات الفلطية العالية ومن ثم ملفات الفلطية المنخفضة . وتنفذ عملية فك الملفات بعد فك لحام جميع الوصلات لنهايات ملفات الفلطية العالية والفلطية المنخفضة .

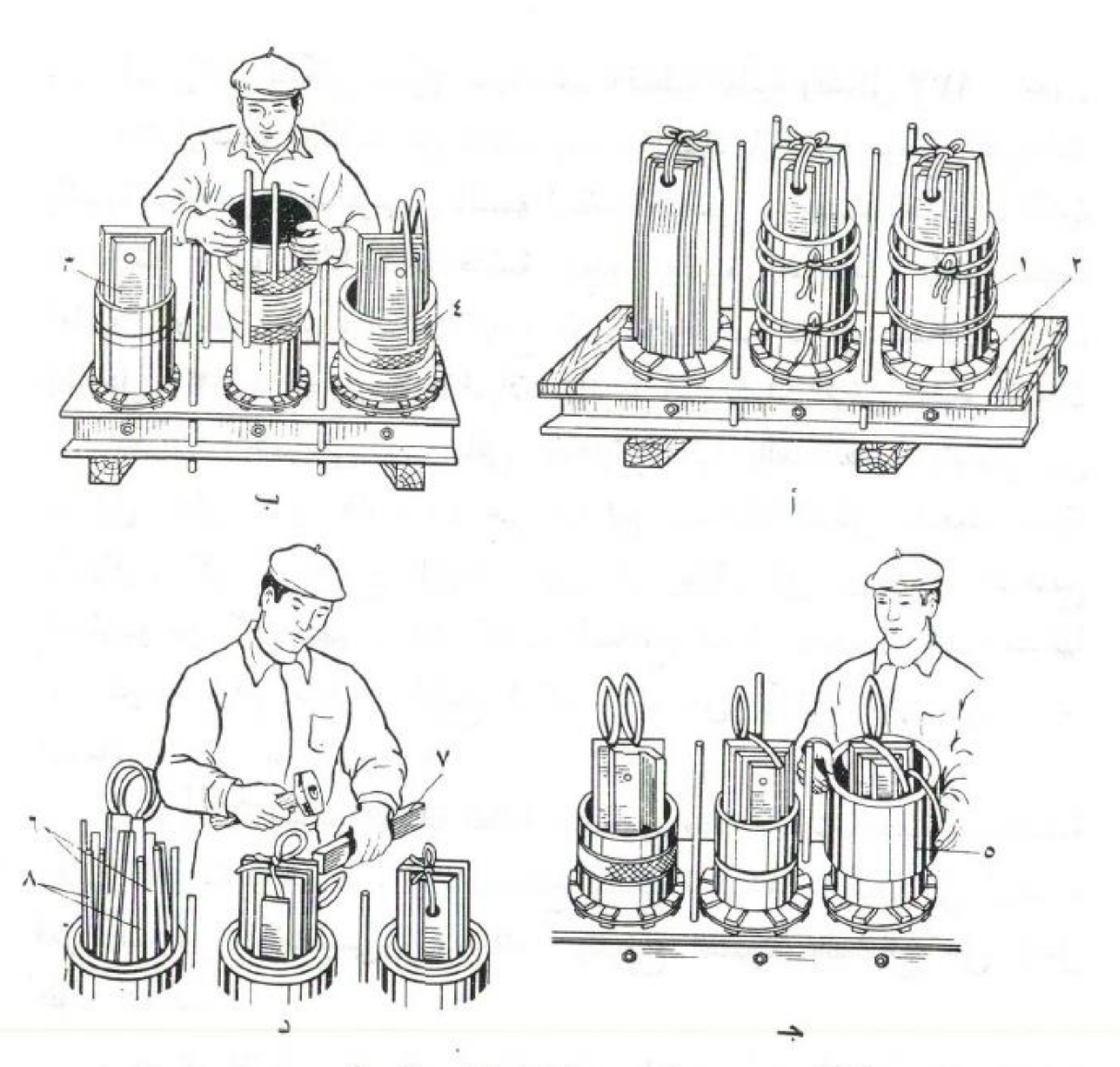
تربط رزم صفائح نير الموصل المغناطيسى ، وتشد الصفائح باحكام بواسطة رباط من شريط الكيبر ، وذلك لوقاية عوازل الصفائح فى قلوب الموصل المغناطيسى من التضرر والاوساخ .

ان جميع الاقسام والاجزاء المنزوعة عند فك المحول تحفظ بعناية بعد تصنيفها ، وتؤخذ الاجراءات التى تحمى الملفات غير المعطوبة والاجزاء العازلة من تأثير الرطوبة ، وذلك بعد نزعها من المحول الجارى اصلاحه . وترسل الاقسام والاجزاء المعطوبة مع سجل سير الاصلاح الى الورشة الكهربائية او الى مصنع الاصلاح الكهربائى .

تجميع المحول . يتوقف التسلسل التكنولوجى لتنفيذ عمليات تجميع المحول الذى تم اصلاحه ، على تصميمه . وبالرغم من تنوع التصاميم فانه تقسم عملية تجميع جميع المحولات بعد اصلاحها الى مرحلتين اساسيتين . ففى المرحلة الاولى للتجميع تنفذ عمليات تركيب عوازل الملفات وتركيب الملفات ووضع الاسافين فى الملفات وحشو ورص النير العلوى وتكبيس الملفات وتجميع المخطط وتنفيذ التوصيلات . وفى المرحلة الثانية للتجميع يتم تنزيل القسم الفعال فى الخزان ، وتركب على الغطاء جميع الاجزاء (الموسع ، انبوب الامان ، جهاز تحريك مفتاح التحويل وغيره) ويثبت الغطاء على الخزان ويملأ الخزان بزيت المحولات الجاف .

اثناء تنفيذ اعمال مرحلتى التجميع الاولى والثانية ، تجرى الاختبارات والفحوصات اللازمة ، وتفحص على وجه الخصوص المتانة الكهربائية لعوازل بعض العناصر فى القسم الفعال ، وصحة توصيل التفريعات مع تماسات مفتاح التحويل ، ودقة عمله ويتم التأكد من وجود الدائرة الكهربائية بين الموصل المغناطيسى وهيكل الخزان المؤرّض ، ويتم فحص المتانة الكهربائية للزيت المسكوب فى خزان المحول المصلح ، وكذلك تجرى فحوصات واختبارات اخرى يتحدد حجمها ومعدلها وتسلسل تنفيذها تبعا لطبيعة الاصلاح والتكنولوجيا المعتمدة لتنفيذه .

تركيب العوازل وتركيب الملفات على قلوب الموصل المغناطيسى . قبل البدء بتركيب الملفات ، تسوى صفائح قلوب الموصل المغناطيسى وترص



الشكل ١٣٢ – تركيب عوازل وملفات المحول :
أ – تركيب عازل النير وعازل القلوب ، ب – ملف الفلطية المنخفضة على قلب الموصل المغناطيسى ؛ جـ – تركيب ملف الفلطية العالية على ملف الفلطية المنخفضة ؛ د – تركيب الاسافين فى الملفات ؛ ١ – اسطوانة طرية من اكرتون الكهربائى (عازل القلب) ، ٢ – عازل النير ، ٣ – قلب الموصل المغناطيسى ، ٤ – ملف الفلطية المنخفضة ، ٥ – ملف الفلطيةالعالية ، ٦ – صفائح ، ٧ – صفيحة اضافية ، ٨ – قضبان دائرية

بشدة بواسطة شريط من التفتا ، يمر عبر ثقب فيها ، ويجب ان تكون الملفات معزولة بشكل مضمون عن الموصل المغناطيسى . ويبدأ عزل الموصلات المغناطيسية فى المحولات ذات الابعاد الاولى والثانية ، من وضع عوازل النير (الشكل ١٣٢ ، أ) ، وبعد ذلك يتم البدء بتركيب ملف الفلطية المنخفضة على قلوب الموصل المغناطيسى (الشكل ١٣٢ ، ب) ،

ومن ثم يركب بشكل متمركز معها ملف الفلطية العالية (الشكل ١٣٢ ، ج) .

عند تركيب الملفات على القلوب يجب الانتباه الى صحة موضع التفريعات بالنسبة للموصل المغناطيسى وبالنسبة لبعضها البعض ، بحيث يجب ان تكون تفريعات ملف الفلطية المنخفضة بجهة مقابلة لتفريعات ملف الفلطية العالية . وبعد تركيب الملف توضع الاسافين المصنوعة من صفائح خيزران (الشكل ١٣٢ ، د) وتوضع القضبان الدائرية ٨ . ولهذا الغرض توضع لفيفتان من الكرتون الكهربائى بين ملفى الفلطية العالية والمنخفضة وتوضع بين اللفيتين وعلى عمق ٣٠ــ٤٠ مم صفائح مستطيلة الشكل مدهونة مسبقا بالبارافين كى لا تجرح اللفيفة . ومن ثم يطرق كل زوج من الصفائح بالتناوب من كل جهة ، فاذا كانت الصفائح تدخل بصعوبة يجب قشطها او تبديلها بارفع منها ، وتوضع شرائح رقيقة من الكرتون الكهربائى تحت الصفائح التى تدخل بحرية .

وبعد أسفنة ملفات الفلطية العالية ، تجرى اسفنة ملفات الفلطية المنخفضة بنفس الطريقة بقضبان دائرية وصفائح تشكيلية تدخل بالطرق بين اسطوانة قلب الموصل المغناطيسى وتدريجاته . وتتوزع القضبان والصفائح على كامل طول الملف .

ويجرى تنزيل القضبان ٨ والصفائح ٦ بضربات المطرقة على القطعة الاضافية ٧ (انظر الشكل ١٣٢ ، د) المصنوعة من الخشب او الفيبر مع تجنب الطرقات الشديدة عندئذ ، كى لا يتشقق طرف القضيب او الصفيحة . ولكى نحافظ على الشكل الاسطوانى للملفات يتم اولا ادخال القضبان الدائرية ومن ثم الصفائح. ويتم تطريق القضبان والصفائح التى وصلت الى مستوى فولاذ الموصل المغناطيسى بواسطة مطرقة من خلال صفيحة اضافية ، بحيت لا تتضرر عرضيا صفائح الموصل المغناطيسى او عوازل الملفات .

يتم البدء بحشو النير العلوى للموصل المغناطيسى فى المحولات التى تصل استطاعتها الى ٦٣٠ كيلوفولط أمبير ضمنا ، من الرزمة المركزية للقلب الاوسط ومن طرفى النير فى آن واحد ، وتوضع صفائح مؤقتة عند الوجوه الداخلية للقلبين الآخيرين ، وذلك لكى تتوضع بدقة طبقات صفائح

النير ، وتوضع هذه الصفائح بجانبها المعزول للداخل . واذا حصل اثناء عملية الاصلاح ان كل الصفائح لم تدهن باللك وانما نصفها فقط ، فان صفائح النير تحشى عندئذ بالتناوب بحيث تتجاور كل صفيحة غير مدهونة باللك مع الصفيحة المدهونة، وبحيث تكون طبقة من اللك بين كل صفيحتين . وعند حشو النير يستخدم الرسم اليدوى (الكروكى) المرسوم عند فك النير .

ويجب مراعاة تلبية المتطلبات التالية عند حشو النير العلوى :

– لا يسمح بتواجد التراكبات لصفائح النير على الصفائح القصيرة للقلوب ؛

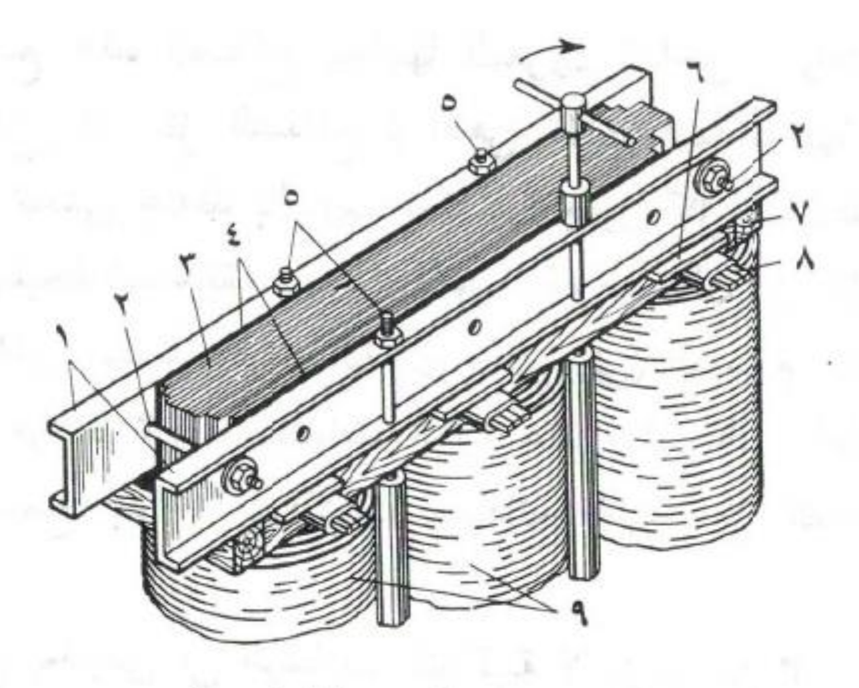
– يسمح بخلوص فى الوصلات التناكبية لا يزيد عن ٠,٣ مم (يفحص الخلوص بالمحاسات) ؛

– يجب ان تتطابق الثقوب بدقة فى صفائح النير والقلوب ؛

– يجب ان تتشكل وصلة تناكبية دقيقة بين الصفائح الزاوية للنير مع الصفائح الشاقولية (الرأسية) للقلوب .

عند حشو النير يمكن ان تظهر «تموجات» كأسنان المشط (بروز بعض الصفائح) . ومن الضرورى طرقها بالمطرقة من خلال تسميكة اضافية مصنوعة من الكرتون (الورق الطبقى الراتنجى) بعد تجميع كل طبقة ، وتطرق جميع التموجات بشكل نهائى بعد تكبيس الملفات . وعند وضع الرزمة الثانية من جهة ملف الفلطية المنخفضة يوضع بين صفائح النير شريط التأريض لعمق ٥٠ – ٦٠ مم بعد عزله عن اطراف الصفائح بشريطة مبسطة من الكرتون الكهربائى .

وبعد انتهاء عملية الحشو ننتقل الى تكبيس الملفات والنير ، ولهذا الغرض توضع العتبتان العلويتان ١ للنير (الشكل ١٣٣) حسب التعليم مع تسميكتى عزل النير ٤ ، وتثبتان معا بواسطة صبامل ٢ تكنولوجية مؤقتة ، بشد ضعيف دون كبس الصفائح . وتوضع حواجز من الكرتون الكهربائى ٦ عند مخرج نهايات ملف الفلطية المنخفضة بين رف عتبة النير وصفائح الخيزران ٧ . ويثبت الطرف الثانى لشريط التأريض بين عتبة النير ١ من جهة ملف الفلطية المنخفضة ، وبين التسميكة ٤ . وتدخل ثقوب عتبات النير فى



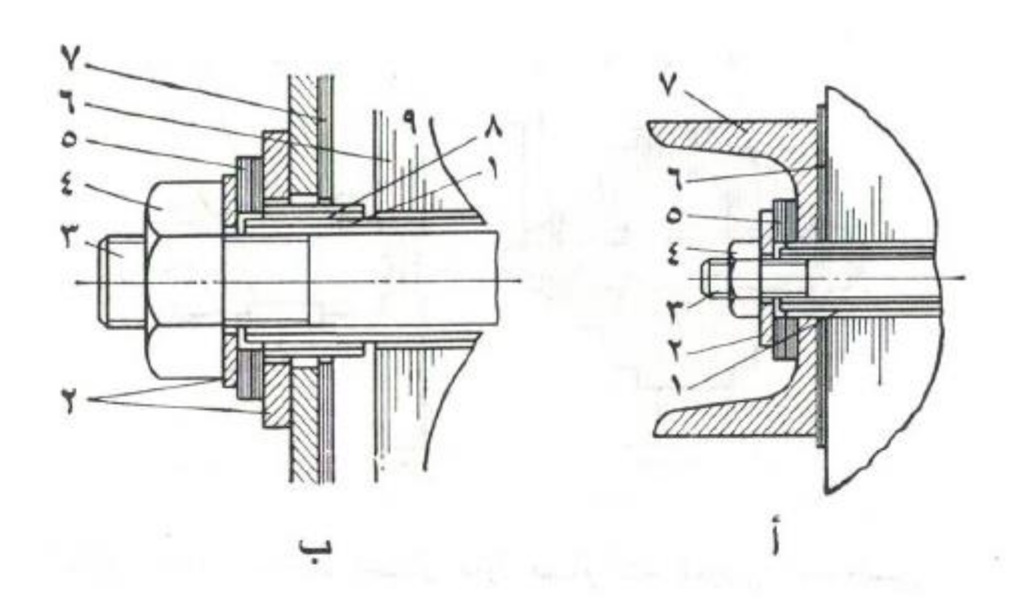
الشكل ١٣٣ – تكبيس الملفات والنير :
١ – عتبات النير ، ٢ – صبلمة شد مؤقتة ، ٣ – صفائح النير العلوى ، ٤ – تساميك عازلة للنير ، ٥ – صبالم رأسية ، ٦ – حواجز من الكرتون الكهربائى ، ٧ – صفائح من الخيزران ، ٨ – نهايات تفريعات الملف للفلطية المنخفضة ، ٩ – ملفات الفلطية المنخفضة

الصبالم الرأسية ٥ التى تشد بمفاتيح شق لتأمين تكبيس الملفات بالجهد اللازم . ثم تزال اماكن عدم الاستواء المتبقية بتطريقها بمطرقة كتلتها ٨٠٠ غرام من خلال تسميكة خشبية اضافية او قضيب نحاسى . وبعد ذلك ، توضع صبالم شد النير فى ثقوب النير ، بعد ان تكون ملبسة بانابيب من الورق البيكاليتى ، وتوضع على طرفى كل صبلمة فلكات عازلة وفلكات فولاذية ثم تشد الصوامل (الشكل ١٣٤) . فاذا لم تدخل الصبالم عبر الثقوب بسبب انزياح الصفائح ، يجب تصحيح الثقوب بواسطة شياق فولاذى مخروطى الشكل .

وبعد الشد النهائى لصبالم الشد يتم التأكد من عدم وجود قصر دائرة معدنى بين كل صبلمة مع النير ، بواسطة مقياس اوم ، واذا عثر على ذلك يجب تحرى السبب وازالته . ثم يضرب السنبك بين الصامولة والصبلمة فى ثلاثة اماكن .

وبعد تجميع وتكبيس النير العلوى والملفات نقوم باجراء المجموعة اللازمة من الاختبارات المرحلية .

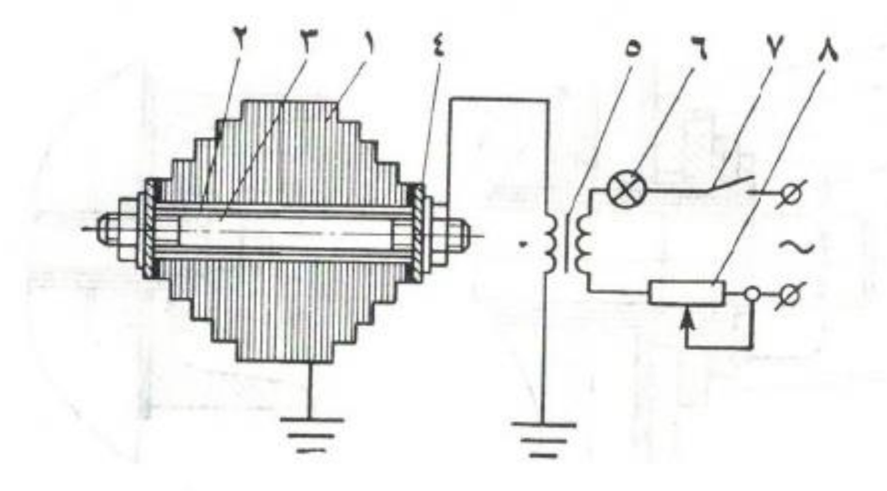
19*



الشكل ١٣٤ – عزل عتبات النير وصبالم الشد عن الفولاذ الفعال :
أ – فى الموصل المغناطيسى للمحول الذى تصل قدرته حتى ٦٣٠ كيلوفولط امبير ، ب – فى الموصل المغناطيسى للمحول الذى تصل قدرته الى ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير واعلى ، ١ – انبوبة من الورق البيكاليتى ، ٢ – فلكات فولاذية ، ٣ – صبلمة ، ٤ – صامولة ، ٥ – فلكة من الكرتون الكهربائى ، ٦ – تسمبكة من الكرتون الكهربائى سماكة ٢ – ٣ مم ، ٧ – عتبة النير ، ٨ – جلبة عازلة ، ٩ – النير

وعلى وجه الخصوص يتم التأكد فى هذه المرحلة من التجميع من عزل صبالم الشد وعتبات النير للموصل المغناطيسى . وبالنسبة للمحولات التى جرى اصلاحها فى ورشات الاصلاح الكهربائى، يعتبر عزل صبالم الشد وعتبات النير مقبولا اذا كانت المقاومة لا تقل عن ١٠٠ ميغااوم .

اما فى مصانع الاصلاح المتخصصة وفى ورشات الاصلاح للمنشآت الكبيرة ، التى تمتلك وحدات اختبار ، فان متانة عوازل الصبالم تفحص خلال دقيقة واحدة بتيار متناوب بفلطية ٢٠٠٠ فولط . ويمكن لهذا الغرض استخدام محول الفلطية ماركة HOM بقوة ٦ او ١٠ كيلوفولط ، يوصل حسب المخطط المبين على الشكل ١٣٥ . واذا كانت حالة العوازل الجارى فحصها سليمة فان خيط المصباح ٦ لا يضىء او يتوهج بشكل ضعيف . اما اذا تم خرق العازل فان المصباح سيضىء بشكل ساطع نتيجة قصر الدائرة فى الملف الثانوى لمحول الفلطية ، ونتيجة مرور تيار فى هذه الدائرة وعبر خيط المصباح . وفى المخطط المذكور يمكن استبدال المصباح بمقياس امبير عادى .



الشكل ١٣٥ – مخطط اختبار عازل صبالم الشد لموصل المغناطيسى :
١ – الفولاذ الفعال للموصل المغناطيسى ، ٢ – انبوبة عازلة من الورق البيكاليتى ، ٣ – صبلمة الشد ، ٤ – عتبة النير الفولاذية ، ٥ – محول الاختبار ، ٦ – لمبة الاشتعال ، ٧ – مفتاح ، ٨ – مقاوم متغير

وتعتبر عملية تجميع المخطط وتوصيله هى خاتمة العمليات فى المرحلة الاولى للتجميع .

تجميع المخطط وتوصيله . تكون ملفات محولات القدرة الثلاثية الاطوار المستخدمة فى الوحدات الكهربائية للمنشآت الصناعية ، عادة موصولة بشكل نجمة ، وفقط فى الاحوال النادرة بشكل مثلث . وتوصل نهايات الملف بواسطة لحام المونة باستخدام كاو خاص للحام . ويفضل تنفيذ اللحام بمونة فضية ، غير انه فى التطبيق العملى للاصلاح غالبا ما يستخدم اللحام بالمونة الرصاصية – القصديرية لوصل نهايات الملفات فى المحولات ذات القدرة غير الكبيرة (٥٨٪ رصاص ، ٤٠٪ قصدير و ٢٪ زرنيخ) . وتنظف نهايات الملفات بعناية ، ثم توضع على بعضها البعض بقسم طوله ١٥ — ٣٠ مم (تبعا لمقطع الاسلاك) ، وتربط بقوس من شريط نحاسى مبيض بسماكة ٠,٢٥ — ٠,٤ مم . وفى حال غياب الشريط النحاسى يوضع فى منطقة اللحام رباط سلكى من سلك نحاسى مبيّض سماكته ٠,٥ مم .

ينظف القسم المراد وصله ، من الاوساخ والدهون ويعالج بالصهور ، وتستخدم القلفونة بصفة مادة صهورة عند لحام الاسلاك النحاسية للملفات بالمونة المذكورة التى تنصهر عند ٢٣٥°م .

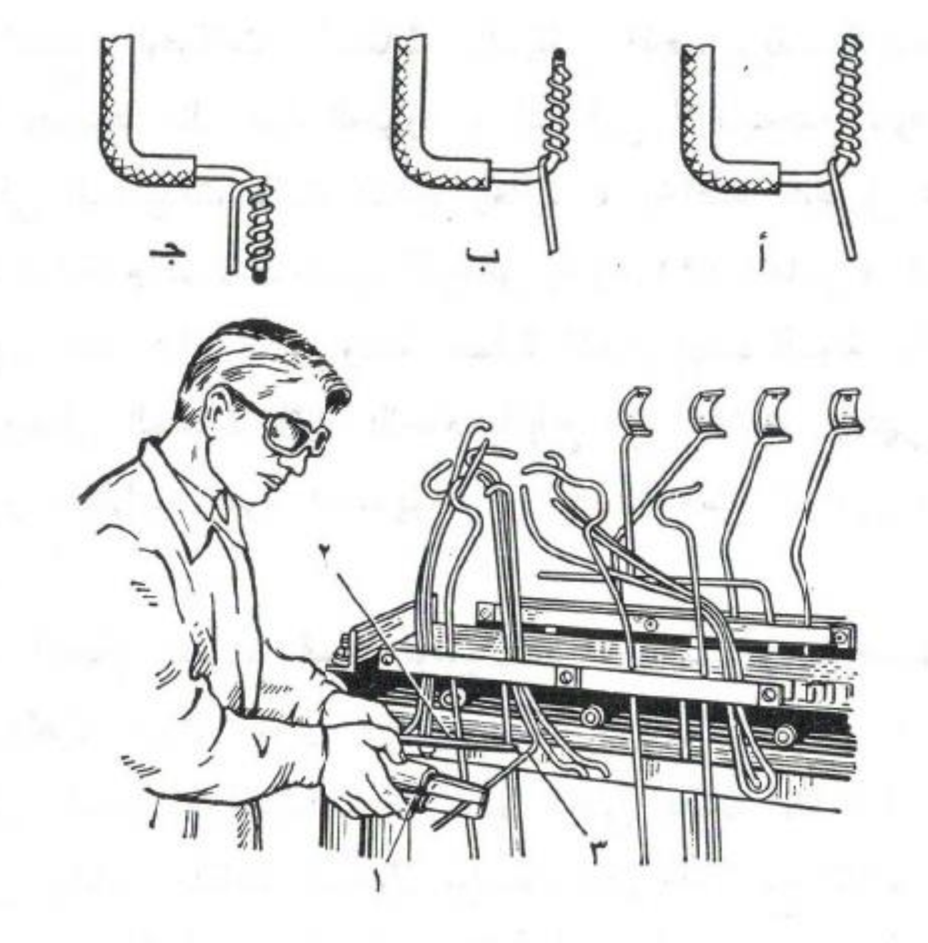
ولا تتمتع الوصلات المنفذة بالمونة القصديرية — الرصاصية بمتانة ميكانيكية وصمود عال ضد الحرارة ، لذا فهى لا تستخدم لتوصيل نهايات الملفات فى المحولات ذات القدرة العالية ، وخاصة لتوصيل النهايات مع التفريعات تستخدم المونة النحاسية الفوسفورية (٩٢,٥٪ نحاس و ٧,٥ فوسفور) التى تنصهر عند ٧١٥°م ، وتنفذ عملية اللحام بهذه المونة بواسطة ملاقط اللحام . وتغطى الملفات اثناء اللحام بالواح من الكرتون الكهربائى لوقايتها من التضرر بقطرات المونة المصهورة او من التلامس العرضى معها للكاوى الحامى .

وبعد اللحام تنظف اقسام توصيلات الاسلاك من الجسيمات البارزة للمونة ، وتعزل بورق مقوى وبنسيج مشرب باللك بعرض ٢٠ — ٢٥ مم يوضع على طبقتين بتراكب نصفى ثم تغطى باللك ГФ-95 .

توصل نهايات ملفات المحول بواسطة التفريعات مع نقاط التماس فى مفتاح التحويل وقضبان ايصال التيار للمآخذ . والتفريعة هى عبارة عن قطعة من سلك دائرى أو قضيب مستطيل المقطع ، يوجد على احد طرفية مخمد . ويصلح المخمد لوقاية التفريعة من الانقطاع عند تحريك القلب داخل الخزان اثناء النقل ، وكذلك للتعويض عن الانحرافات عن المسافات المطلوبة فى الاتجاه الرأسى بين الموصل المغناطيسى وغطاء الخزان .

وتستخدم عادة عند الاصلاح ، التفريعات التى نزعت عن المحول عند فكه . واذا تبين ان التفريعات معطوبة لدرجة لا تصلح عندها للاستخدام اللاحق ، فيتم تصنيع تفريعات جديدة على شاكلتها من السلك الدائرى او من القضبان المستطيلة المقطع . ويتم تعليم قطعة السلك (القضيب) ومن ثم تثنى بعد التسخين حتى تأخذ مكانها . ولتفريعات ملف الفلطية المنخفضة تستخدم اسلاك نحاسية عارية ، اما لتفريعات ملف الفلطية العالية فتستخدم اسلاك معزولة أو كابلات مرنة .

توصل المخمدات مع التفريعات والتفريعات مع مآخذ ملف الفلطية العالية بواسطة اللحام العادى او لحام المونة (الشكل ١٣٦ ، أ ، ب ، ج) . ويجرى لحام المونة بالتراكب بواسطة المونة الرصاصية — القصديرية او



الشكل ١٣٦ — لحام تفريعات الملف :
أ — تحضير التفريعات لحام ، ب — اللحام تم تنفيذه ، ج — التفريعة محضرة للعزل ، د — عملية اللحام ؛ ١ — ملاقط اللحام ، ٢ — ممسك بخطاف للحفاظ على القسم المراد لحامه ، ٣ — التفريعة المراد لحامها

المونة النحاسية — الفوسفورية بواسطة ملاقط لحام المونة الكهربائى . ويبين الشكل ١٣٦ ، د عملية لحام تفريعات ملف الفلطية العالية ، ذات السلك الدائرى .

تعزل اماكن توصيل التفريعات مع نهايات الملفات بورق مقوى او بنسيج مشرب باللك مقصوص الى شرائط عرضها ٢٥ — ٣٠ مم ، وتضفر الاقسام المعزولة بطبقة واحدة من شريط التفتا بعرض ١٥ — ٢٠ مم ، الذى يوضع بتراكب نصفى ، ثم تدهن بطبقتين من اللك ، حيث يقوم شريط التفتا والدهان باللك بحماية العازل الاساسى فى منطقة التوصيل . ولكى لا تتأكسد التفريعات ، فانها تدهن ايضا باللك بعد ان تزال الدهون عنها بالبنزين (ما عدا السطوح المتماسة) . وعندما تكون التفريعات المصنوعة من السلك الدائرى ، معزولة على كامل طولها بانابيب من الورق البيكاليتى ،

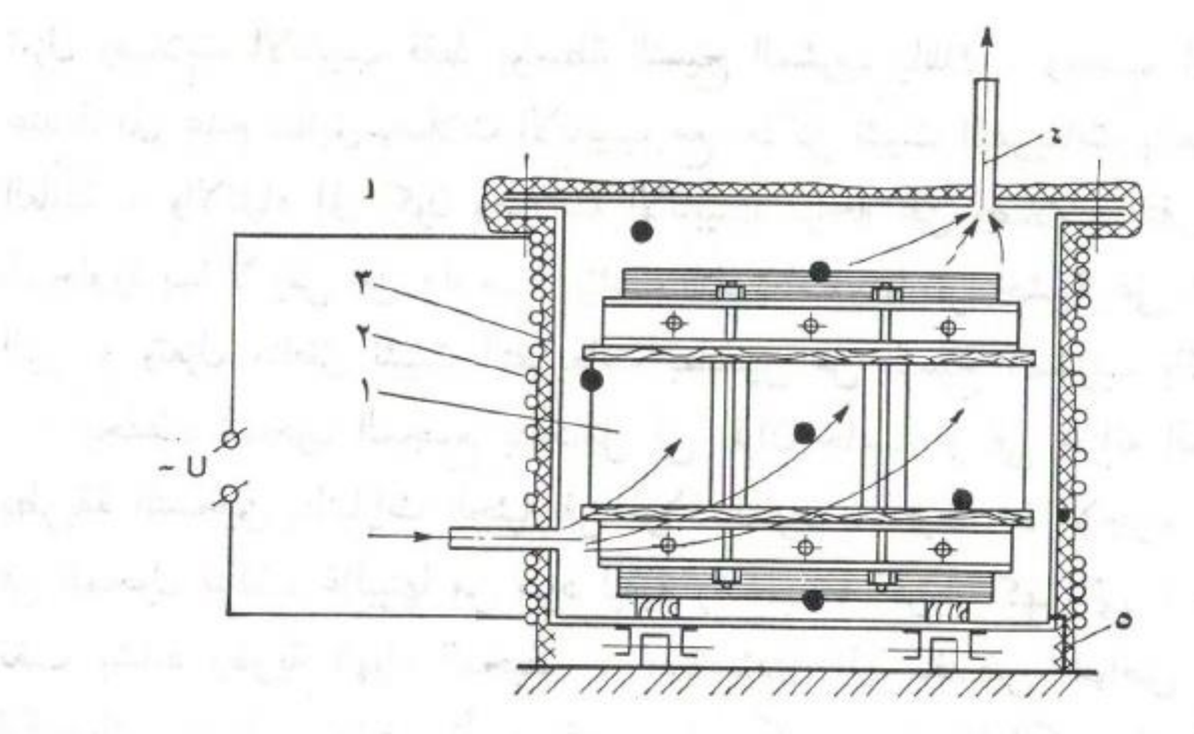
تعزل وصلات الانابيب فقط بواسطة النسيج المشرب باللك . ويجب الانتباه عندئذ الى عدم تطابق وصلات الانابيب مع اماكن تثبيت التفريعات بالعوارض العازلة ، والانتباه الى كون وصلات الانابيب مزاحة عن وصلات التفريعات المجاورة بما لا يقل عن ٥٠ مم . وتثبت التفريعات بعوارض خشبية على عتبات النير ، وتعزل مناطق تثبيت التفريعات بطبقتين من النسيج المشرب باللك .

يجفف المحول المجمع بالكامل فى افران خاصة او فى خزانه الخاص بطريقة التسخين بالتيارات الحثية فى فولاذ الخزان ، حيث ان الاجزاء العازلة فى المحول تتألف غالبيتها من مواد ليفية (خشب ، كرتون كهربائى ، ورق) تغب بشده رطوبة الهواء المحيط ، مما يؤدى الى تخفيض خواص العزل الكهربائى لديها . وبغرض تأمين اقصى ما يمكن من المتانة الكهربائية للعازل يتعرض قلب المحول للتجفيف ، حيث تخرج الرطوبة من عازله الصلب.

هناك طرق متنوعة لتجفيف المحولات : فى حجرات التجفيف بالخلاء مع التسخين بالبخار ، وفى حزائن حرارية خاصة مع التسخين الكهربائى ، وبالتيارات الحثية فى فولاذ الخزان ، وبالاشعة تحت الحمراء وبالنفخ بالهواء ، وبتيارات قصر الدائرة وغير ذلك . ولكل طريقة من الطرق المذكورة حسناتها وسيئاتها .

عند اصلاح المحولات فى الورشات الكهربائية للمنشآت غير الكبيرة ، التى لا تمتلك معدات خاصة ، يعتبر تجفيف القسم الفعال بطريقة التسخين بالتيارات الحثية فى فولاذ الخزان ، احدى أكثر طرق التجفيف استخداما . وتنحصر هذه الطريقة فى انه عند مرور تيار متناوب فى ملف مؤقت للتمغنط ، موضوع على الخزان ، يتشكل مجال مغناطيسى قوى ينغلق من خلال فولاذ الخزان ويسخنه . وعندئذ تسخن جميع الاجزاء المعدنية الموجودة داخل الخزان، مما تساهم بهذا فى تبخر الرطوبة من عوازل الملف والموصل المغناطيسى .

تجفف عمليا الاقسام الفعالة للمحولات من الابعاد الاولى والثالثة بطريقة تسخين الخزان بالمفاقيد الحثية فى فولاذه . ويمكن تجفيف القسم الفعال فى خزان المحول بالذات ، الذى يكون خاليا من الزيت او يكون حاويا



الشكل ١٣٧ – تجفيف القسم الفعال للمحول فى الخزان ذاته بطريقة التسخين بالتيارات الحثية فى فولاذ الخزان

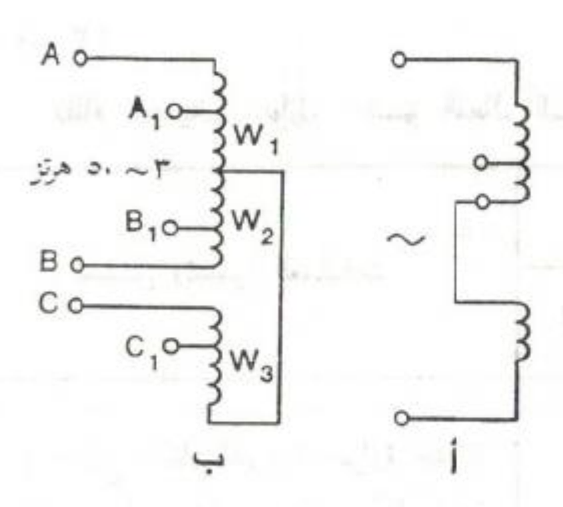
على الزيت (تجفيف اولى) . ويفضل اجراء التجفيف بدون زيت كما هو مبين على الشكل ١٣٧ ، اذا كان القسم الفعال المعرض للتجفيف مصنوعا من ملفات جديدة .

يمسح السطح الداخلى للخزان بعناية قبل وضع القسم الفعال فيه للتجفيف . ويدفأ الغطاء جيدا منعا لتكثف الابخرة ، وتوضع سخانات كهربائية تحت قعر الخزان . وتدفأ جدران الخزان وغطاوءه ٣ عادة بطبقتين او ثلاث طبقات من نسيج الاسبستوس . ولتأمين سلامة العمل اثناء التجفيف يجب تأريض الخزان بوصله بقطعة مستعرضة ٥ مع كونتور التأريض .

توضع فى ثقوب الغطاء سدادات مؤقتة ، ما عدا ثقب واحد يترك لخروج الهواء الرطب من الخزان اثناء التجفيف ، حيث يستخدم لتركيب انبوب العادم ٤ ؛ وينزع الحاجز الرقى لدى المحولات المزودة بانبوبة الامان .

وفوق وسائط التدفئة يوضع الملف المؤقت ٢ للتمغنط ، وهو مصنوع باسلاك معزولة بعازل من الاسبستوس الصامد للحرارة . ويمكن لهذا الملف ان يكون حسب المخطط الاحادى الطور (الشكل ١٣٨ ، أ) الكافى لتجفيف

القسم الفعال للمحولات ذات الابعاد الاولى والثانية، او حسب المخطط الثلاثى الاطوار (الشكل ١٣٨ ، ب) المستخدم لتجفيف القسم الفعال للمحولات ذات البعد الثالث. ويلف ملف التمغنط على الخزان بحيث يؤمن أكثر تسخين للقسم الفعال ، ولهذا الغرض توضع ٦٥ — ٧٠٪ من اللفات فى القسم السفلى للخزان . ويلف الملف الاحادى الطور باتجاه واحد،



الشكل ١٣٨ — مخططات تمغنط الملف : أ — الاحادى الطور ، ب — الثلاثى الاطوار الموصول بشكل نجمة

اما عند لف الملف الثلاثى الاطوار فان الاتجاهات تتناوب كما يلى : يلف الجزء العلوى للملف (الطور A) والقسم السفلى (الطور C) فى اتجاه واحد ، ويلف الجزء الاوسط (الطور Б) فى الاتجاه المعاكس . وتتعلق طرق توزيع لفات ملف التمغنط بتصميم الخزان . ويحدد مقطع السلك وعدد اللفات حسابيا بعد الاخذ بعين الاعتبار امكانية الزيادة اللاحقة او الانقاص لعدد اللفات اثناء القيام بعملية التجفيف .

تؤخذ القدرة النوعية لتسخين جدران الخزان مساوية الى ١,٥ — ٢ كيلوواط/ م٢ ، اما لتسخين الخزان بالافران الكهربائية فتؤخذ بمقدار ٢,٥ — ٣ كيلوواط/م٢ .

ويبين الجدول ١٣ نظام تجفيف القسم الفعال فى خزان المحول ذاته بطريقة المفاقيد الحثية فى فولاذ الخزان .

وفى حال توفر المعدات المناسبة تجفف المحولات فى الافران الكهربائية او فى افران الخلاء .

وبعد انتهاء عملية التجفيف تبدأ الاعمال الانجازية للقسم الفعال فى المحول ، حيث يكبس الملف قليلا بالصبالم الرأسية وتشد الصوامل على صبالم شد النيرين العلوى والسفلى للموصل المغناطيسى .

وبعد تنفيذ الاعمال الانجازية للقسم الفعال يتم التأكد من مقاومة

الجدول ١٣

نظام تجفيف عوازل القسم الفعال للمحول بطريقة المفاقيد الحثية فى فولاذ الخزان

تسلسل وتسمية العمليات	درجة الحرارة، م		مدة العمليات (ساعة)
	لجدران الخزان	للهواء في الخزان	
١ – رفع منتظم لدرجة حرارة جدران الخزان بمعدل ١٠ – ٢٠° م كل ساعة واحدة	حتى ٨٠	٦٠	٤–٦
٢ – تشغيل تسخين الهواء القادم مع التهوية	٨٠	٨٠	—
٣ – رفع منتظم لدرجة الحرارة فى الخزان بمعدل ١٠ °م لكل ساعة	١١٥–١٢٠	١٠٥	٤–٦
٤ – تخفيض درجة حرارة المحول	٥٠–٦٠	٥٠–٦٠	١–٣
٥ – رفع حرارة الهواء فى الخزان وتسخين القلب	١١٥–١٢٠	١٠٥	٣–٨
٦ – الحفاظ على درجة حرارة ثابتة للقلب من اجل تحديد انتهاء عملية التجفيف	١١٥–١٢٠	١٠٥	٦–٨
٧ – تخفيض تدريجى لحرارة القلب	٦٠–٨٠	٦٠–٨٠	٣–٥
٨ – تعبئة الخزان بزيت جاف ونظيف	٦٠–٨٠	٦٠–٨٠	١–٢
٩ – تبريد المحول	٤٠–٥٠	٤٠–٥٠	٢–٣
١٠ – سحب القلب وتفحصه بعد مرور ٨ – ١٢ ساعة على تعبئة الزيت	٤٠–٥٠	—	—

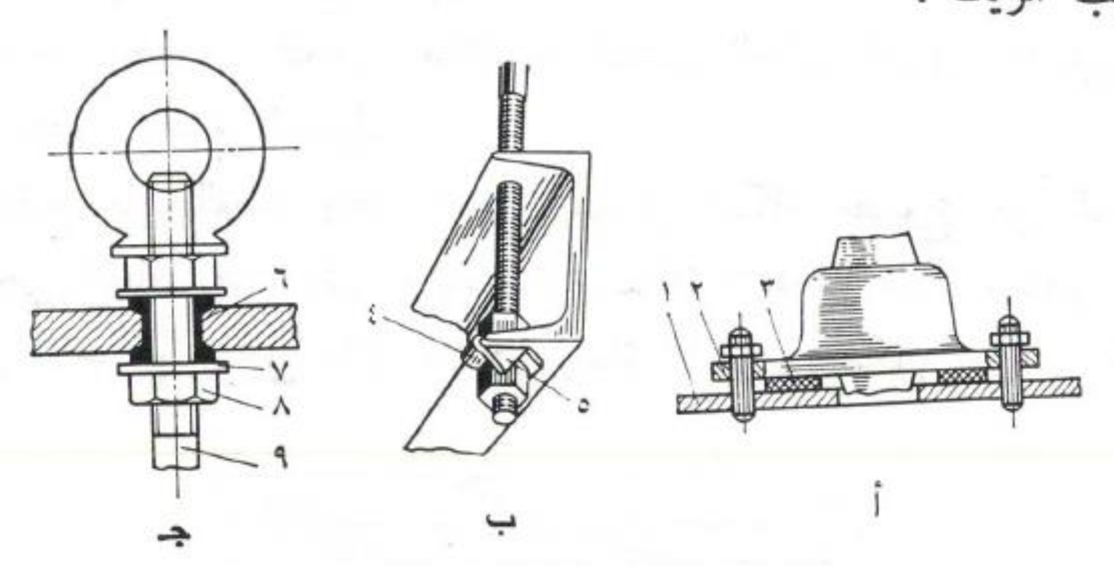
ملاحظات : ١ – تعاد العمليات المذكورة فى البندين ٤ و ٥ عدة مرات خلال ١٠ – ٣٠ ساعة. ٢ – تنهى عملية تجفيف العوازل، عندما لا تتغير عمليا مقاومة العوازل خلال ٦ – ٨ ساعة مع ثبات درجة حرارة الخزان ١٠٥° م. ٣ – يجب ان تكون درجة حرارة القلب عند فحصه اعلى بمقدار ١٠ – ٢٠°م من درجة حرارة الهواء المحيط.

عوازل الملف وعوازل صبالم الشد ، وعوازل عتبات النير ، ومن ثم ننتقل الى عمليات المرحلة الثانية لتجميع المحول .

عند تجميع المحولات الخالية من الموسعات ، التى تقع مآخذها على

جدران الخزان ، ينزل اولا القسم الفعال فى الخزان ، وتركب المآخذ وتوصل تفريعات الملف معها ومع مفتاح التحويل ، ومن ثم يركب الغطاء على الخزان .

تركب اغطية المحولات التى تقل قدرتها عن ٦٣٠ كيلوفولط أمبير ، على صبالم الرفع للقسم الفعال ، وتزود بالاجزاء اللازمة ، اما بالنسبة للمحولات ذات القدرة الأكبر فتزود اغطيتها بما يلزم بشكل منفصل وتركب بحالتها المجمعة بالكامل على صبالم الرفع للقسم الفعال او على الخزان . وعند استخدام هذه الطريقة يعار انتباه خاص على صحة وضع موصلات الاحكام (الجوانات) ، وعلى مدى متانة شد الصوامل ، وعلى صحة توصيل التفريعات مع المآخذ ومفاتيح التحويل ، وعلى صحة تنفيذ موصلات الاحكام التى تستثنى امكانية تهريب الزيت .



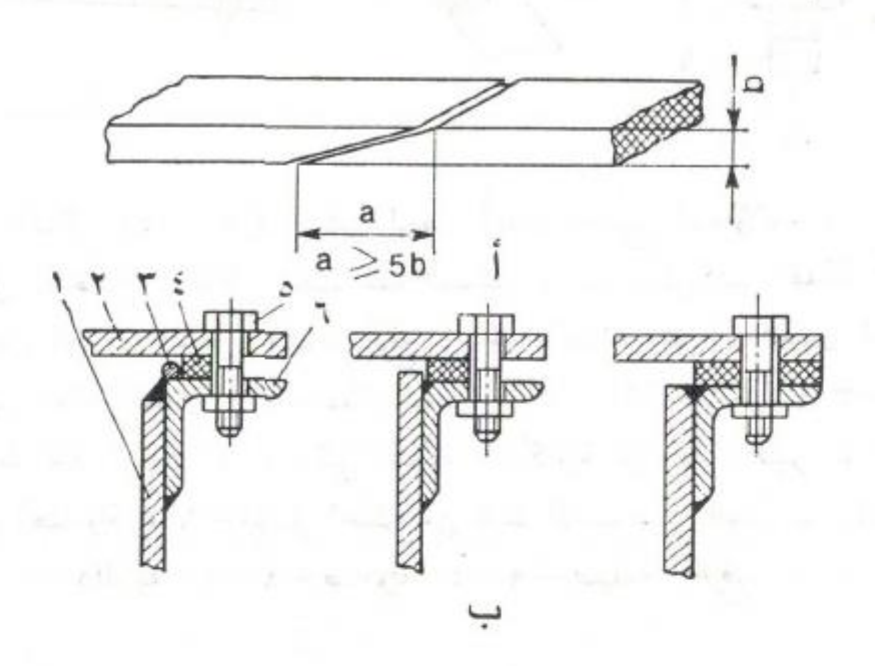
الشكل ١٣٩ – طرق التنفيذ لبعض أعمال تجميع المحولات :
أ – تركيب موصل الاحكام المطاطى تحت شفة المدخل ، ب – تركيب الفلكة التى تمنع الحل الذاتى للصامولة على الطرف السفلى لصبلمة الرفع ، جـ – احكام الطرف العلوى لصبلمة الرفع فى مكان مرورها عبر غطاء المحول ؛ ١ – غطاء المحول ، ٢ – شفة المدخل ؛ ٣ – موصل احكام من المطاط الصامد ضد الزيت ، ٤ – ثنى الفلكة التشكيلية على عتبة النير ، ٥ – ثنى زاوية الفلكة على جانب الصامولة ، ٦ – موصل احكام من خيط الاسبستوس المشرب باللك ، ٧ – فلكة دائرية ، ٨ – صامولة ، ٩ – صبلمة الرفع

ويبين الشكل ١٣٩ اساليب تنفيذ بعض العمليات الجارية اثناء التجميع . فعند تركيب الصبالم يتم ضبط طولها بحيث يتركب الغطاء والقسم القابل للنزع من الموصل المغناطيسى ، كل منهما فى مكانه . فاذا كانت الصبالم

قصيرة ، فان الموصل المغناطيسى لا يصل الى قعر الخزان ويتعلق على الصبالم ، اما اذا كانت الصبالم طويلة فان الغطاء لا يصل الى اطار الخزان ويتشكل خلوص بينهما . ويتحدد الطول الضرورى لصبالم الرفع بواسطة لاطة خشبية ، يقاس بواسطتها عمق الخزان ، فتحدد بذلك المسافة الكائنة بين النقطة السفلية لمسند الموصل المغناطيسى الى موضع الصامولة السفلية مع الفلكة الموجودتين على الطرف العلوى للصبلمة. ويتم ضبط طول الصبالم عن طريق تحريك الصوامل عليها . وتشد اماكن تثبيت الصبالم مع عتبات النير بعناية فائقة .

ويربط القسم القابل للنزع مع الغطاء المثبت معه بواسطة كابلات الرفع التى تعلق على حلقات الرفع ، ثم يرفع بواسطة رافعة وينزل ببطء داخل الخزان ، مع مراعاة اجراءات الحذر عندئذ ، لتجنب الحاق الضرر بالعاملين او ايذاء بعض اقسام المحول .

يوضع بين الغطاء واطار الخزان موصل احكام مصنوع من المطاط الصفيحى الصامد ضد تأثير الزيوت ، بسماكة ٦ — ١٢ مم . ويقص طرفا موصل الاحكام بشكل مائل ليشكل وصلة تناكبية (الشكل ١٤٠ ، أ) .



الشكل ١٤٠ — تأمين احكام الخزان بواسطة موصل احكام من المطاط الصامد ضد الزيت :
أ — طريقة تنفيذ الوصلة التناكبية لموصل الاحكام ، ب — طرق تركيب موصل الاحكام ،
١ — جدار الخزان ، ٢ — غطاء ، ٣ — محدد من سلك فولاذى قطره ٣ — ٥ مم ، ٤ — موصل احكام مطاطى ، ٥ — لولب ، ٦ — اطار الخزان

ويركب موصل الاحكام فى مكانه باحدى الطرق المبينة على الشكل ١٤٠ ، ب ، التى تستثنى امكانية ضغطها وبثقها داخل الخزان . وعند استخدام موصلات الاحكام للمحولات حسب الطريقتين المبينتين على الرسمين الاوليين ، تؤخذ ابعاد موصلات الاحكام تبعا لأبعاد اطار الخزان .

ولكى لا يزاح موصل الاحكام عند تركيب الغطاء ، تشد اللوالب بانتظام على كامل المحيط ؛ ومن ثم تركب على الغطاء حوامل زاوية يركب عليها الموسع باللوالب ، ويركب مؤشر الزيت عليه . وتثبت انبوبة الامان على الغطاء ، بعد الفحص المسبق لسلامة الحاجز الرقى الزجاجى واحكام تركيبه على نهاية الانبوبة . ويوضع موصل احكام من المطاط الصامد لتأثير الزيت بين الشفة السفلية للانبوبة وغطاء المحول . وبعد ذلك يوضع المرّحل وصمام الامان الصهور (القابل للخرق) .

وبعد الانتهاء من تجميع المحول ، ومباشرة قبل تعبئته بالزيت تفحص مرة ثانية متانة عوازل الملف بواسطة مقياس اوم على فلطية قدرها ١٠٠٠ فولط .

يملأ المحول بزيت المحولات الجاف الذى يتمتع بالمتانة الكهربائية الموافقة ، حتى المستوى المطلوب ، الذى يتحدد بموجب علامتين على مؤشر الزيت الكائن فى الموسع . وبعد ملء المحول بالزيت ، يتم التأكد من احكام الحنفيات والوصلات والاجزاء المركبة على الغطاء ، وكذلك التأكد من عدم تسرب الزيت من دروز اللحام والوصلات الموجودة .

وفى حال غياب العيوب التى تعيق العمل الطبيعى والمأمون ، يتم تعريض المحول للاختبارات الكهربائية . وتجرى الاختبارات على المحولات التى تعرضت للاصلاح العام (العمرة) ، اثناء القيام بعملية الاصلاح وبعده .

اثناء عملية الاصلاح ، يتم التأكد من عدد لفات الملف بعد تصنيعه ، ومن عدم وجود انقطاع او قصر دائرة بين اللفات . وبعد الانتهاء من المرحلة الاولى للتجميع (تجميع القسم القابل للنزع من الخزان) ، توصل الملفات مؤقتا حسب المخطط ، ويحدد معامل التحويل فى جميع التفريعات وفى مجموعة توصيلات الملف ، وكذلك يتم اختبار عوازل صبالم الشد . وبعد التجميع النهائى ، وقبل تجفيف القلب يحدد مرة ثانية معامل التحويل ويتم

فحص مجموعة توصيلات الملفات وتقاس مقاومة عوازلها، ولمراقبة جودة التماسات والوصلات الملحومة بالمونة يتم التأكد من مقاومة الملفات للتيار المستمر . واثناء عملية التجفيف تقاس مقاومة العوازل ومدة التجفيف ودرجة حرارته ، وبالاضافة الى ذلك يقاس مقدار التخلية عند التجفيف فى الخلاء ، وكذلك كمية التكثفات .

ويتعرض المحول الخارج من الاصلاح الى اختبارات يتحدد حجمها ومعدلها ونظام تنفيذها بموجب المقايسات الحكومية (ستاندار) . وتهدف اختبارات المحولات بعد الاصلاح الى التأكد من خصائصه الكهربائية ، وجودة الاعمال المنفذة أثناء الاصلاح .

تسجل نتائج جميع الاختبارات فى محاضر تبين فيها كذلك اجهزة القياس والطرق المستخدمة عند القيام بالاختبارات . وهذه المعطيات ضرورية لمقارنة النتائج الحاصلة مع نتائج الاختبارات التى جرت فى أوقات مختلفة قبل الاصلاح المعنى للمحول . ويجب حتما تنفيذ الاختبارات على المحولات الخارجة من الاصلاح ، بكامل حجمها وحسب البرنامج الذى تستدركه الاصول والقواعد السارية المفعول .

بعد القيام بالاختبارات الكهربائية ، وبعد التأكد من تطابق المحول الذى تم اصلاحه مع متطلبات الاصول السارية المفعول ، يجب التأكد من وجود المعطيات الفنية والتسجيلات على المحول ، حيث غالبا ما يتبين انها مفقودة من المحولات التى تم اصلاحها ، او تآكلت اثناء القيام بالاصلاح .

ويجب ان تثبت على المحول لوحة صغيرة يذكر فيها اسم المصنع الصانع ، وفى حال غيابه يذكر اسم منشأة الاصلاح . ويجب ان يحفر على اللوحة رقم المحول ونوعه ، وتاريخ تصنيعه (اصلاحه) ، والمواصفات الفنية الكهربائية .

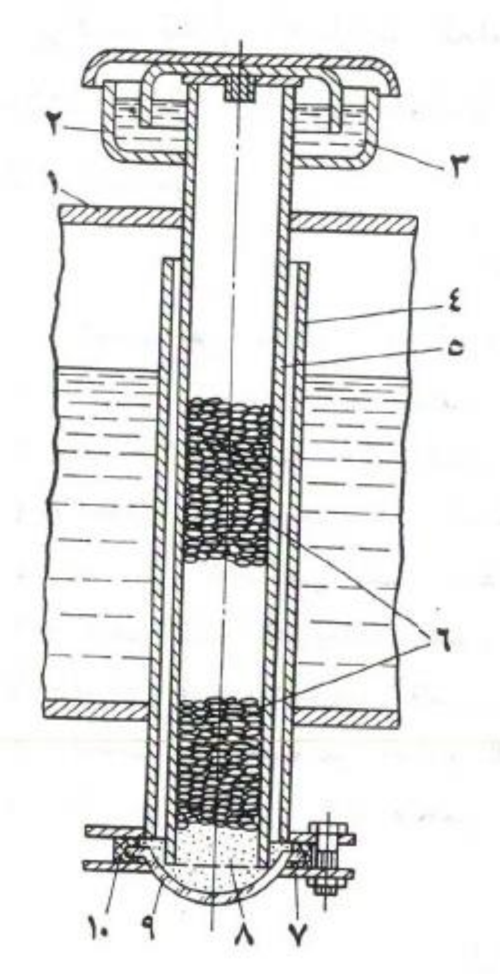
وتكتب بالدهان على غطاء المحول او جدار الخزان فى المحول الزيتى ، الرموز الحرفية لمآخذ ملف الفلطية العالية ولمآخذ الفلطية المنخفضة .

يوضع مفتاح التحويل فى الوضع الاوسط وتشد لوالب الايقاف على قلنسوة موصل الاحكام لجهاز تحريك مفتاح التحويل ، وتثبت لوحة صغيرة على

القلنسوة بواسطة تباشيم ، يكتب عليها : «انتباه! راجع التعليمات عند استخدام مفتاح التحويل» .

يركب تماس التأريض (لولب مبيض قطره M12 مع فلكتين) فى صفيحة ملحومة مع جدار الخزان . وتوضع الكلمة «أرض» بشكل واضح لا يمكن مسحه ، او اشارة اصطلاحية تدل على التأريض .

يوضع صمام الامان على غطاء الخزان او جداره فى المحول الزيتى ، الذى تكون فيه فلطية الملف ٠,٦٩ كيلوفولط . واذا كانت فلطية ملف الجهد العالى ٠,٢٣ و ٠,٤ كيلوفولط ، فيركب صمام الامان بناء على طلب الزبون .



الشكل ١٤١ – مجفف الهواء :
١ – اسطوانة الموسع ، ٢ – صمام زيتى ، ٣ – زيت ، ٤ – انبوب خارجى مشفه ، ٥ – انبوب داخلى ، ٦ – جل السليكا الحبيبى ، ٧ – شفة ، ٨ – جل السليكا – المؤشر ، ٩ – قلنسوة من الزجاج العضوى ، ١٠ – موصل احكام مطاطى

ان مصفاة الهواء ذات الصمام الزيتى (الشكل ١٤١) تشحن بجل السليكا ، ويملأ الصمام بزيت المحولات .

توضع ثلاث شرطات بموجب شابلونة على جدار الموسع من جهة مؤشر الزيت ، توافق مستوى الزيت فى المحول غير العامل، عند درجة حرارة الزيت –٤٥ ، +١٥ ، +٤٠°م .

ويكتب على جدار الخزان المزود بمشعات قابلة للفك ، بموجب شابلونة ، العبارات التالية : «لا تفتح الحنفية دون فك السدادات» ، و «عند ملء المحول بالزيت ، يجب تفريغ الهواء من المشعات ، بعد فك السدادات العلوية فيها» .

تتعرض الاقسام الناقلة للتيار من المآخذ ، ولولب التأريض ولوحة المصنع ، الى عملية التخزين بواسطة الشحم (الفازلين الصناعى) . ويغطى القسم العلوى للاسطوانة التى يوضع فيها ميزان الحرارة او المؤشر الحرارى ، بسدادة خشبية . ويعاد دهان جميع الاماكن فى الخزان والغطاء ، حيث تضرر الدهان ، ويتم ترصيص جميع الحنفيات والسدادات المخصصة لأخذ عينات الزيت ولتفريغ الزيت من الخزان والموسع .

يراقب تنفيذ العمليات المذكورة اعلاه من قبل قسم الرقابة الفنية ، ويمكن اعتبار المحول صالحا للاستثمار بعد التنظيم المناسب لمحضر استلام المحول .

أسئلة للمراجعة

١ – تحدث عن تصنيع الاجزاء العازلة عند اصلاح المحول .
٢ – ما هو تسلسل لف الملف الاسطوانى المتعدد الطبقات ؟
٣ – ما هى خصائص عزل اللفات الطرفية للملف الاسطوانى ؟
٤ – تحدث عن خواص لف الملف المتواصل .
٥ – ما هى خصائص لف الملفات الحلزونية ؟
٦ – كيف تنفذ تفريعات الملف ؟
٧ – لماذا نقوم بتجفيف وتشريب وشوى ملفات المحول ؟
٨ – تحدث عن خصائص اصلاح الملفات فى محولات القياس .
٩ – ما هو تسلسل فك وتجميع المحولات ؟

الباب التاسع :

تكنولوجيا اصلاح الملفات فى المكنات الكهربائية

البند ٤٨ – التحضير لاصلاح الملف

سنتحدث فى هذا الباب عن طرق اصلاح الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة ، وكذلك وشائع الاقطاب ، بواسطة الفك الكامل للملفات المعطوبة واستبدالها بملفات جديدة . وقد بينت الخبرة العملية على مدى سنوات طويلة

لاستثمار المكنات الكهربائية التى جرى اصلاحها عن طريق الاصلاح الجزئى للملفات وخاصة ملفات التنزيل ، ان هذه المكنات تتعطل مجددا وبشكل سريع . وينجم ذلك عادة بسبب الحاق الاذى اثناء الاصلاح بعازل القسم غير المعطوب من الملف ، الذى لم يتعرض للاصلاح ، وكذلك بسبب عدم تطابق الجودة وعمر الخدمة لدى العازل القديم والعازل الجديد . ولذا يفضل ، عند اصلاح المكنات الكهربائية الحاوية على ملف معطوب ، القيام باستبدال الملف بكامله ، وفى بعض الحالات فقط يتم الاصلاح عن طريق استبدال الوشائع المعطوبة ، وذلك عند اصلاح المكنات الضخمة والحاوية على ملفات مصنوعة من السلك ذى المقطع المستطيل .

توجد فى المصانع المتخصصة للاصلاح الكهربائى ، وفى الورشات الكبيرة للاصلاح الكهربائى ، مجموعة من العاملين الفنيين والمهندسين ، تدخل ضمن مهامها مهمة تنظيم الوثائق الفنية الضرورية لاصلاح ملفات المكنات الكهربائية ، وترد هذه الوثائق الفنية بشكل جاهز الى العمال المتخصصين بتنفيذ عمليات تكنولوجية معينة . وخلافا لذلك ، فان عامل الاصلاح الكهربائى وعامل اللف فى ظروف الورشات الصغيرة ، عليه ان يقوم بنفسه بتنفيذ مجمل الاعمال المتعلقة باصلاح ملف المكنة الكهربائية . وفى هذه الحالة يجب على العامل قبل بدء الاصلاح تنظيم مخطط الملف مع تسجيل معطيات اللف التى يجب ان يذكر فيها نوع المكنة الكهربائية ، وقدرتها والفلطية المقدرة ، وعدد دورات العضو الدوار ، ونوع الملف وخصائصه التصميمية ، وعدد لفات الوشيعة (القطاعات) وعدد الاسلاك فى كل لفة ، وماركة سلك اللف وقطره ، وخطوة الملف ، وعدد الفروع المتوازية ، وعدد الوشائع فى المجموعة الوشائعية ، ونظام تتابع الوشائع ، ومرتبة العازل (حسب صموده للحرارة) ، وكذلك المعلومات الاخرى المتعلقة بطريقة تصنيع الملف وتصميمه .

عند تنظيم مخطط الملف وتسجيل معطيات اللف ، يجدر بنا ان نستخدم الالبومات النموذجية والمراجع والكاتالوجات ، وكذلك المعطيات التى نحصل عليها عند فك الملف فى المكنة الجارى اصلاحها .

وعند القيام باصلاح المكنات الكهربائية ذات التصميم القديم ، لا بد لنا قبل البدء بفك الملف ، من اخذ جميع معطيات اللف من الواقع قدر الامكان (قطر السلك وماركته ، عدد الاسلاك فى المجرى ، خطوة الملف حسب المجارى وغير ذلك) ، وكذلك رسم مخططات يدوية (كروكى) للأقسام الجبهية وترقيم المجارى . وقد تكون هذه المعطيات الاولية ، هى المعطيات الوحيدة المتوفرة عند اصلاح الملف ، وذلك لانه من الصعب جدا العثور فى المراجع على معلومات عن تصاميم المكنات القديمة الصنع .

واذا لم تتوفر المعطيات عن الملف القديم فى المكنة الجارى اصلاحها ، او اذا لزم تغيير الملف اثناء الاصلاح (تنفيذ الملف بعدد آخر من الأقطاب وغير ذلك) ، فانه لا بد من حساب معطيات اللف الاساسية ، وهذا يمكن القيام به على اساس المعلومات الواردة فى الباب الثانى عشر . وبالاضافة الى ذلك ، ففى مثل هذه الحالات يحتاج الامر الى تحديد الابعاد التصميمية الرئيسية لعناصر الملف عن طريق الحساب .

وبالنسبة لأكثر ملفات التنزيل الثنائية الطبقات انتشارا ، يمكن ان يحدد الطول (بالملم) للقسم الجبهى للوشيعة (القطاع) بشكل تقريبى بموجب الصيغة : $l_{fr} = KT + 20$

حيث T — العرض المتوسط (مم) للوشيعة (القطاع) فى المجارى ؛

K — معامل تؤخذ قيمته من الجدول ١٤ .

الجدول ١٤

قيمة المعامل K الوارد فى الصيغة المذكورة اعلاه ، لتحديد طول القسم الجبهى لملف التنزيل الثنائى الطبقات

عدد الاقطاب	قيمة المعامل		عدد الاقطاب	قيمة المعامل	
	عندما لا يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط	عندما يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط		عندما لا يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط	عندما يكون القسم الجبهى ملفوفا بشريط
٢	١٫٢	١٫٤٥	٦	١٫٤	١٫٧٥
٤	١٫٣	١٫٥٥	٨ وأكثر	١٫٥	١٫٩

يتحدد العرض المتوسط T للوشيعة (القطاع) فى المجارى ، حسب قوس الدائرة المارة عبر اواسط هذه المجارى والتى يعادل قطرها بالنسبة للعضو الساكن لمجموع القطر الداخلى D_i وارتفاع المجرى h_{ch} ، وبالنسبة للعضو الدوار يعادل القطر للفرق بين القطر الخارجى D_i وارتفاع المجرى h_{ch} ، اى $T = \pi (D_i \pm h_{ch}) y/z$ ، حيث y — خطوة الملف حسب المجارى ؛ z — العدد الكلى لمجارى القلب .

يمكن تحديد طول القسم الجبهى للملف الاحادى الطبقة بموجب الصيغة التقريبية $l_{fr} \approx 1,4\,\tau + \sigma$ ، حيث τ — التقسيم القطبى ؛ δ — البعد المتعلق بحجم المكنة ، ويؤخذ من ٢٠ الى ٥٠ مم .

ويكون الطول الكلى للفة المتوسطة فى الوشيعة (القطاع) $l_w = 2(l + l_{fr})$ ، حيث l — طول المجرى الذى يتحدد عن طريق قياس القلب .

غالبا ما نضطر عند اصلاح الملفات الى استبدال الاسلاك من الماركات والمقاطع المفقودة بما هو متوفر ، ولهذه الاسباب يستبدل سلك ما بسلكين او عدة اسلاك يكون مجموع مقاطعها مكافئا للسلك المطلوب . وعند تبديل اسلاك الملفات فى المكنات الجارى اصلاحها ، يجب قبل بدء لف الوشائع التأكد من معامل امتلاء المجرى $K_{f.ch}$ بموجب الصيغة $K_{f.ch} = nd_{is}^2/(S_{is} - S_{ch})$ ، حيث n — العدد الكلى للموصلات فى المجرى؛ d_{is} — قطر السلك المعزول ، مم ؛ S_{is} — المساحة الاجمالية لمقطع المواد العازلة فى المجرى (التساميك ، علب المجارى والاسفين) ، مم^2 ؛ S_{ch} — مساحة مقطع المجرى ، مم^2 .

ويجب ان يكون معامل امتلاء المجرى فى حدود ٠,٧ — ٠,٧٥ فاذا كان المعامل أكبر من ٠,٧٥ سيصعب تنزيل اسلاك الملف فى المجارى ، اما اذا كان المعامل اقل من ٠,٧ فان الاسلاك تتوضع فى المجارى بشكل غير متراص ، وما هو اهم من ذلك ، لا تكون المكنة مستثمرة بالكامل .

ومن اهم نواحى التحضير لاصلاح الملف يعتبر التأكد من توفر الكميات اللازمة من أسلاك الملف ومواد العزل وغيرها ، وكذلك التأكد من توفر المعدات والعدد والنبائط وأجهزة القياس .

ومن الضرورى قبل كل شئ ، نزع الملف المعطوب القديم ، قبل البدء بوضع الملف الجديد فى قلب المكنة الجارى اصلاحها . ولتسهيل اخراج الملف القديم من المجارى ، توضع الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة فى الفرن الكهربائى ، وذلك بعد تنظيفها من الخارج ونفخها بالهواء المضغوط ، حيث تكون درجة حرارة الفرن حوالى ٣٥٠°م . وتبقى القلوب مع الملف القديم فى الفرن لمدة ٤ ـ ٦ ساعات ، تفقد بعدها الاسافين وعوازل المجارى واللفات متانتها الميكانيكية ، وينزع الملف بسهولة على اجزاء . وفى حال عدم توفر الفرن الكهربائى يسمح بحرق العوازل عن طريق تسخين الملف بتيار من محول منخفض الفلطية ، ولا بد عندئذ من مراقبة درجة حرارة الفولاذ الفعال بحيث لا تزيد عن ٣٥٠°م .

ويجرى تحطيم عازل الملف القديم بطريقة كيميائية ايضا ، بتغطيس القلب مع الملف فى حوض يحوى على محاليل خاصة ، حيث يبقى هناك حتى يتحطم عازل الملف القديم ويتسنى نزع الملف بسهولة من المجارى على اجزاء . وبعد ذلك يجب غسل القلب مع الملف بعناية بمياه جارية ، وبعد ذلك فقط يجب البدء بنزع الملف .

وفى تلك الحالات التى لا نتوقع فيها الاستخدام المتكرر لأسلاك الملف القديم ، تقص أقسامه الجبهية بالمنشار او على المخرطة ، او تقطع بالازميل .

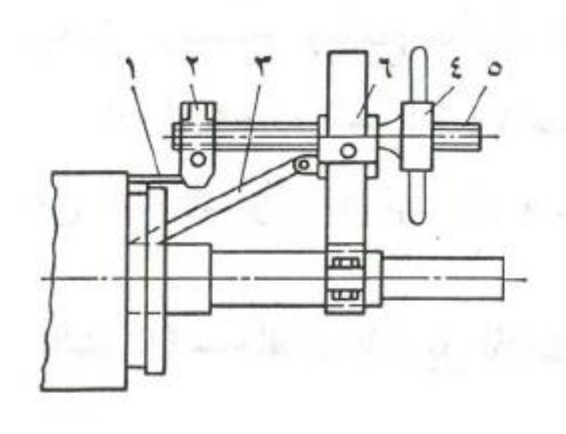
وبعد نزع الملف القديم تنظف الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكنات الضخمة من الزيوت والاوساخ بالغسل من مرتين الى ثلاث مرات ويتم مسحها بالخروق . اما الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة فى المكنات الصغيرة والمتوسطة فتغسل فى حوض يحوى على محلول ٢ ـ ٣٪ من الصودا الكلسية (خلال ١٠ ـ ١٥ دقيقة) ، ثم تغسل فى مياه ساخنة جارية . وفى منشآت الاصلاح الكبيرة تستخدم مكنات غسل خاصة .

وعند الحاجة الى فك الملفات القضيبية لاعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة الطورية ، انها تنظف من الخارج ثم تنفح بالهواء المضغوط ، وبعد ذلك يفك لحام الاربطة وتلف هذه الاربطة بعد نزعها ، ثم تنزع الاطواق التى

توصل نهايات (رؤوس) القضبان بعد فك لحامها ، ثم تثنى الاقسام الجبهية لقضبان الطبقة العلوية للملف ، وتوضع علامة على القضبان والمجارى ، ثم تنزع قضبان الطبقة العلوية ، ومن ثم تثنى الاقسام الجبهية للقضبان فى الطبقة السفلية وتنزع هذه القضبان بعد تعليمها .

وينزع سلك التربيط بحيث يصبح بالامكان استخدام السلك مرة ثانية ، الذى يلف على طنبور خشبى ، دون السماح بالتراكب او تشكيل التجعيدات . ولتنظيف السلك من آثار مونة اللحام ، فانه يسخن ويمسح بخرقة مع القلفونة .

وتستخدم كذلك مجددا القضبان النحاسية للملف ، ولذلك يجب العناية بها . ويفك لحام الاطواق بكاوى اللحام أو بالقوس الكهربائى، وتفحص الاطواق بعد نزعها بالكشف الخارجى ثم تحدد صلاحية استخدامها مجددا . وبعد ذلك تنظف نهايات القضبان من آثار مونة اللحام ، والا يصعب نزعها من المجارى ، وبعدها يتم البدء بتقويم الاقسام الجبهية من احد طرفى القلب . ولا يجوز عندئذ التقويم الفورى للقسم الجبهى للقضيب الاول ، وذلك لان الاقسام الجبهية للقضبان الاخرى تقع بجواره . ولذا يجرى تقويم القضيب الاول فقط بالمقدار الذى تسمح به المسافة بين القضبان . ويمكن بعدئذ تقويم القضيب الثانى بضعف هذه المسافة ، وتقويم القضيب الثالث بثلاثة اضعاف هذه المسافة وهكذا . ونستمر فى الاحاطة بدائرة القلب حتى تصبح الاقسام الجبهية مستقيمة .



الشكل ١٤٢ – نبيطة لسحب القضبان من المجارى

وتستخدم نبائط خاصة لسحب القضبان من المجارى ، حيث يركب الطوق ٦ للنبيطة المبينة على الشكل ١٤٢ على عنق عمود الدوران الملفوف بالكرتون ، ثم يشد باللوالب ، وتصلح العارضة ٣ لمنع تحرك النبيطة على طول العمود ، ويثبت طرف القضيب ١ فى المقمط ٢ ، ثم نبدأ بتدوير

قبضة الصامولة ٤ . عندئذ يتحرك البرغى ٥ حركة مستقيمة ويجر القضيب وراءه ، ويتصل البرغى مع الطوق بواسطة خابور يمنعه من الدوران . وبعد نزع جميع القضبان من المجارى يجب الكشف على القلب لانه قد تنطعج اسنانه اثناء الفك .

تنظف القضبان بعد نزعها من العازل القديم ، ومن ثم تلدن ، وذلك لان القضبان النحاسية اثناء الثنى تصبح هشة ، ويمكن حدوث تشققات عند الثنى مرة ثانية ، ولتلدين القضبان يجب تسخينها حتى ٤٠٠ – ٤٥٠°م وتبريدها فى الماء . وبعد ذلك تنظف القضبان من الصدأ وتفحص بعناية ، ثم يجرى تقويم القضبان السليمة ، اما القضبان المتضررة فيفضل تبديلها بقضبان جديدة . واذا لم تتوفر قضبان بالابعاد المطلوبة ، تلحم الشقوق فى القضبان المعطوبة بمونة فضية او بمونة صلبة . اما الاعطال الطفيفة والاماكن المحترقة فيمكن لحامها بمونة طرية اذا كانت لا تزيد عن ٥٪ من مقطع القضيب ، وذلك تجنبا لالحاق الاذى بالعوازل باطراف الحفر الموجودة على القضيب .

وبعد نزع الملف القديم من مجارى القلب ، يغسل هذا القلب بعناية وينفخ بالهواء المضغوط ، وبعدئذ يتم التأكد من تكبيس صفائح القلب وعدم وجود صفائح بارزة فى المجارى ، وعدم وجود روايش ، ويتم التأكد من نظافة أقنية التهوية . وعند الضرورة تسوى اسنان القلب ، وتنزع الروايش وتنشر الصفائح البارزة داخل المجرى ، وبعد ذلك ينظف القلب بعناية ويغسل ويمسح وينفخ بالهواء المضغوط .

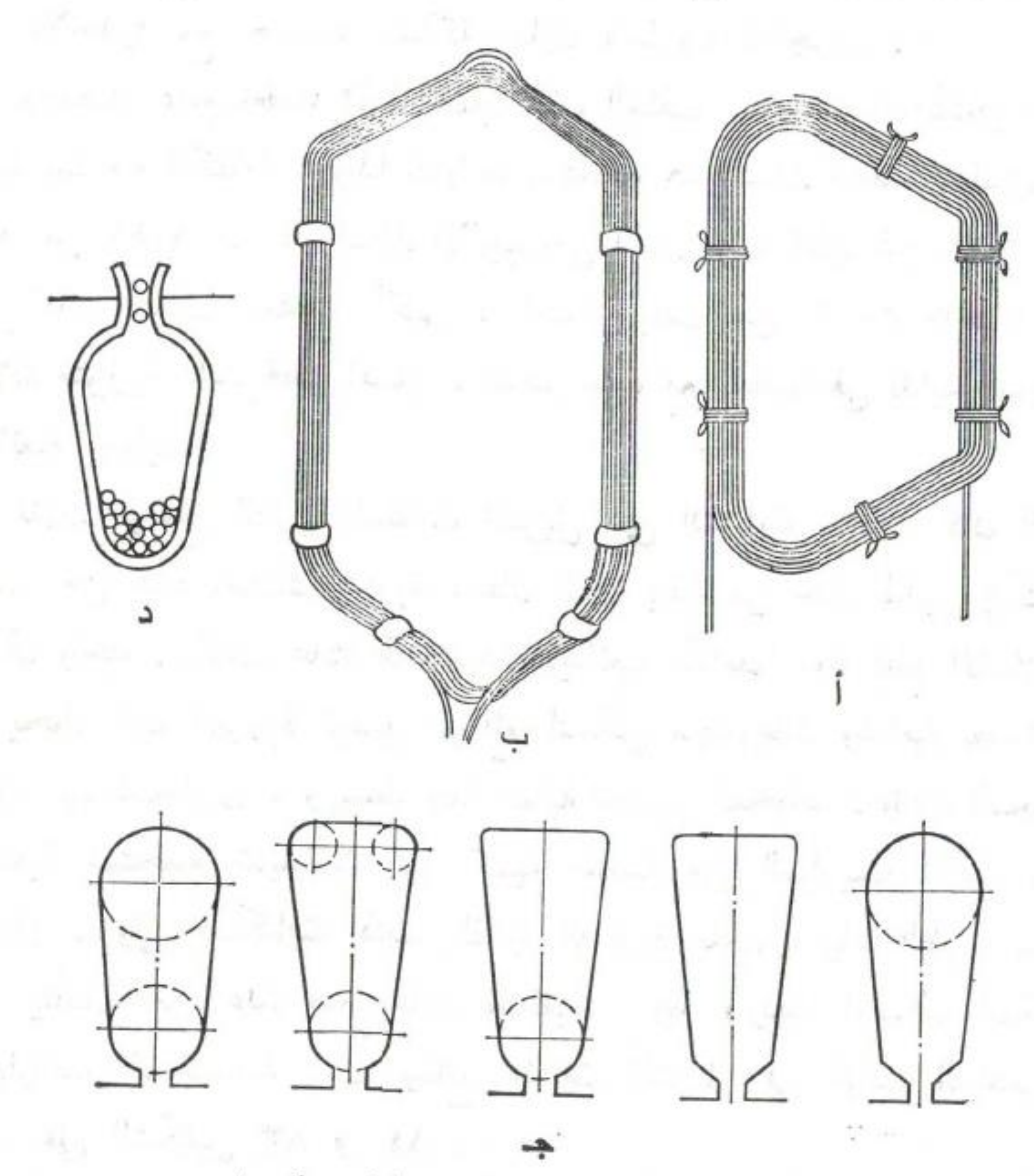
ان الاعضاء الساكنة والاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج التى تم تحضيرها على هذا المنوال ؛ ترد الى قسم اللف حيث توضع فيها ملفات جديدة .

البند ٤٩ – ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة فى المكنات العاملة بالتيار المتناوب

يتعلق تصميم الملف بقدرة المكنة وفلطيتها ، وبشكل مجارى قلبها ، وبالمخطط المعتمد للملف .

تكون جميع اسلاك الملف معزولة عن بعضها البعض وعن هيكل المكنة ، ويقوم عازل السلك بذاته بدور عازل اللفة فى الملفات المصنوعة من اسلاك لف معزولة . اما تصميم عازل الهيكل (المجارى) فيمكن ان يكون مختلفا تبعا لشكل المجرى وفلطية الملف ، وغالبا ما يكون هذا العازل على شكل علبة المجارى المصنوعة من المادة العازلة والتى تنزّل فى المجرى .

ولقد حظيت ملفات التنزيل المؤلفة من وشائع (قطاعات) طرية ملفوفة بسلك معزول دائرى المقطع (الشكل ١٤٣ ، أ و ب) بأوسع استخدام فى



الشكل ١٤٣ – وشائع ومجارى ملفات التنزيل :

أ – وشيعة ملف التنزيل احادى الطبقة ، ب – وشيعة ملف التنزيل ثنائى الطبقة ، جـ – انواع مختلفة للمجارى النصف مغلقة بشكل شبه منحرف ، لملفات التنزيل ، د – تنزيل اسلاك ملف التنزيل فى المجرى

الاعضاء الساكنة للمحركات الكهربائية اللامتزامنة والمولدات المتزامنة التى تصل قدرتها حتى ١٠٠ كيلوواط بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط ، وهى تشكل الكمية الأساسية للمكنات الواجب اصلاحها .

وتتمتع عادة ، القلوب المحسوبة على مثل هذه الملفات بمجار نصف مغلقة شكلها على هيئة شبه منحرف (الشكل ١٤٣ ، ج) ، وتوضع (تنزل) اسلاك القطاعات واحدا واحدا فى مجارى العضو الساكن عبر شقوقه (اخاديده) . ويجب ان يكون قطر السلك الذى سينفذ منه الملف ، بحيث يمر بحرية عبر الاخدود مع حساب سماكة العازل «البارز» للمجرى .

وبقصد عدم تعقيد تنفيذ عملية لف الملف ، يجب ان تكون الوشائع طرية بما فيه الكفاية ، ولذا نادرا ما يستخدم هنا السلك النحاسى الذى يزيد قطره عن ١,٨١ مم ، والسلك الالومينيومى الذى يزيد قطره عن ٢,٢٦ مم . فاذا كان الملف بمقطع أكبر ، فعندئذ يلف من ٢ ــ ٣ (احيانا ١٢) اسلاك متوازية ذات قطر اصغر ، تلحم عادة مع بعضها فى بداية المجموعة الوشائعية ونهايتها .

تلف الوشائع الطرية لملفات التنزيل على الشابلونة . فاذا كان الملف يتألف من عدة اسلاك متوازية ، فان اللف ينفذ من عدة طنابير (بكرات) فى آن واحد . وتلف عادة المجموعة الوشائعية بكاملها دون قطع الاسلاك ، مما يحول دون ضرورة توصيل الوشائع لتشكل مجموعات وشائعية بعد تنزيل الملف فى المجارى ، ويبسط جدا عملية تجميع المخطط . وللف المجموعة الوشائعية تستخدم شابلونات لها كمية مناسبة من الميازيب (لكل وشيعة ميزابها) . وفى المكنات ذات القدرة الصغيرة يلف احيانا الطور بكامله الذى يتألف من عدة مجموعات وشائعية . وقد وردت اوصاف المكنات والشابلونات المخصصة للف وشائع ملفات التنزيل فى الباب السادس ، ومبينة على الشكلين ٨٣ و ٨٤ .

يتألف عازل الهيكل عادة لملفات التنزيل ، من المواد العازلة التى تغطى المجرى بطبقة واحدة او عدة طبقات التى تشكل ما يسمى بعلبة المجارى ، ذات المقطع العرضى بشكل U . ويتم ادخال علب المجارى (الاسطوانات)

الجدول ١٥

عازل المجارى لملف التنزيل أحادى الطبقة فى الاعضاء الساكنة ، فى المكنات ذات التصميم القديم ، العاملة بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤ ، أ	المادة	عدد الطبقات			سماكة العازل، مم	
	التسمية	السماكة ، مم	بالعرض	بالارتفاع	بالعرض	بالارتفاع
	الدرجة A، تنفيذ عادى					
١	نسيج زجاجى	٠,٢	٢	٢	٠,٤	٠,٤
٢	كرتون كهربائى ЭВ	٠,٢	٢	٢	٠,٤	٠,٤
٣	كرتون كهربائى ЭВ	٠,٥	—	١	—	٠,٥
٤	اسفين (بلوط، بتولا)	لا أقل من ٢,٥	—	١	—	—
	مجمل ما فى المجرى ما عدا الاسفين				٠,٨	١,٣
	الدرجة E، تنفيذ عادى					
١	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	٢	٢	٠,٥٤	٠,٥٤
٢	—	—	—	—	—	—
٣	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	—	١	—	٠,٢٧
٤	اسفين (تكستوليت)	لا أقل من ٢,٥	—	١	—	—
	مجمل ما فى المجرى ما عدا الاسفين				٠,٥٤	٠,٨١
	الدرجات B، F و H، جميع التصاميم					
١	نسيج زجاجى مشرب بالك	٠,١٥	٢	٢	٠,٣	٠,٣
٢	ميكانيت زجاجى مرن	٠,٣	٢	٢	٠,٦	٠,٦
٣	تكستوليت زجاجى	٠,٥	—	١	—	٠,٥
٤	اسفين (تكستوليت زجاجى)	لا اقل من ٢,٥	—	١	—	—
	مجمل ما فى المجرى ما عدا الاسفين				٠,٩	١,٠

عازل ملف التنزيل ثنائى الطبقة فى الاعضاء الساكنة للمكنات ذات التصميم القديم ، والعاملة بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط

قسم الملف	رقم التسلسل على الشكل ١٤٤ ب و ٠	المادة	عدد الطبقات			سماكة العازل ، مم	
		التسمية	السماكة ، مم	بالعرض	بالارتفاع	بالعرض	بالارتفاع
		الدرجة A					
عازل المجارى (الشكل ١٤٤ ، ب)	١٠	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٢	٢	٣	٠٫٤	٠٫٦
	٩	نسيج زجاجى	٠٫٢	٢	٣	٠٫٤	٠٫٦
	٨	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٢	٢	٣	٠٫٤	٠٫٦
	٧	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٥	—	١	—	٠٫٥
	٦	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٥	—	١	—	٠٫٥
	٥	اسفين (بلوط ، بتولا)	لا اقل من ٢٫٥	—	١	—	—
مجمل ما فى المجرى بدون اسفين						١٫٢	٢٫٨
العازل الجبهى (الشكل ١٤٤ ، ٠)	١٣	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٥	—	١	—	٠٫٥
	١١	شريط من التفتا	٠٫٢٥	طبقة واحدة بتراكب نصفى		—	١٫٠
	١٤	جراب قطنى	—	—	—	—	—
	١٢	نسيج زجاجى	٠٫٢٥	طبقة واحدة بتراكب نصفى		—	٠٫٨

فى مقرها قبل وضع الوشائع ، وهى تصلح ايضا لحماية عوازل الاسلاك من الاضرار الميكانيكية عند تنزيلها او اثناء استثمار المكنة . ويتم اختيار المادة التى تصنع منها علب المجارى تبعا لظروف استثمار المكنة والدرجة المطلوبة للصمود ضد الحرارة ، فمثلا يستخدم الكرتون الكهربائى والنسيج المشرب باللك عند الدرجة A للصمود ضد الحرارة ، ويستخدم الميكانيت

(تتمة الجدول ١٦)

قسم الملف	رقم التسلسل على الشكل ١٤٤ ، ب و ٠	المادة		عدد الطبقات		سماكة العازل، مم	
		التسمية	السماكة، مم	بالعرض	بالارتفاع	بالعرض	بالارتفاع
		E الدرجة					
عازل المجارى (الشكل ١٤٤ ، ب)	١٠	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	٢	٣	٠,٥٤	٠,٨١
	٩	كرتون كهربائى ЭB	٠,٢٧	٢	٣	٠,٥٤	٠,٨١
	٨	كرتون كهربائى ЭB	—	—	—	—	—
	٧	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	—	٢	—	٠,٥٤
	٦	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	—	١	—	٠,٢٧
	٥	اسفين من البلوط او البتولا	لا اقل من ٢,٥	—	١	—	—
مجمل ما فى المجرى بدون اسفين						١,٠٨	٢,٤٣
العازل الجبهى (الشكل ١٤٤ ، ٠)	١٣	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	—	٢	—	٠,٥٤
	١١	شريط زجاجى	٠,١	طبقة واحدة بتراكب نصفى		٠,٤	٠,٤
	١٤	جراب زجاجى	—	—	—	—	—
	١٢	نسيج الزجاجى مشرب باللك	٠,٢	طبقة واحدة بتراكب نصفى		٠,٤	٠,٤

المرن والنسيج الزجاجى عند الدرجة B للصمود ضد الحرارة ، وهكذا دواليك . وترد فى الجدولين ١٥ و ١٦ امثلة عن تنفيذ عوازل ملفات التنزيل احادية الطبقة وثنائية الطبقة فى المكنات ذات التصميم القديم ، وترد فى الجدولين ١٧ و ١٨ امثلة عن تنفيذ العوازل فى المكنات ذات التصميم الحديث (الشكل ١٤٤ ، أ ـ و) .

الجدول ١٧

عازل ملفات التنزيل احادية الطبقة فى الاعضاء الساكنة للمكنات الحديثة التى تعادل قدرتها من ١ الى ٧ كيلوواط

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤، أ	عازل من الدرجة A، التصميم اعتيادى		عازل من الدرجة E، التصميم اعتيادى	
	المادة	السماكة، مم	المادة	السماكة، مم
٢	نسيج زجاجي ومشرب باللك ЛСЛ-105/120	٠٫٢	كرتون كهربائى مغلف	٠٫٢٧
١	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٢	—	—
٣	كرتون كهربائى ЭВ	٠٫٥	كرتون كهربائى مغلف	٠٫٢٧
٤	اسفين من البلوط والبتولا	ليس أقل من ٢٫٥	اسفين من التكستوليت ماركة B	ليس أقل من ٢٫٥

تتمة الجدول ١٧

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤، أ	عوازل من الدرجة B، F و H، جميع التصاميم				
	المادة	ماركة المادة للدرجة			السماكة مم
		B	F	H	
٢	نسيج زجاجى مشرب باللك	ЛСБ-120.130	ЛСП-130/155	ЛСП-130/155	٠٫١٥
١	ميكانيت زجاجى مرن*	Г$_2$ФГ11	Г$_2$ФЭ11	Г$_2$ФК11	٠٫٣
٣	تكستوليت زجاجى	СТ	СТЭФ	СТК	٠٫٥
٤	اسفين من التكستوليت الزجاجى	СТ	СТЭФ	СТК	ليس أقل من ٢٫٥

* للمكنات ذات التصميم العادى، يسمح باستخدام انواع الميكانيت ماركة Г$_2$СП عند الدرجة B للصمود ضد الحرارة، وماركة Г$_2$СК عند الدرجة F .

ملاحظة : يصنع العازل فى الاقسام الجبهية بين الوشائع من الكرتون المغلف عند الدرجتين E و A ، ومن الميكانيت الزجاجى المشرب باللك من الماركة الموافقة عند الدرجتين F و H . وتربط توصيلات الملف بشريط من التفتا سماكته ٠٫٢٥ مم عند الدرجة A وبشريط زجاجى ЛЭС سماكته ٠٫١ مم او بجراب زجاجى АСЭ4 عند الدرجات H، F، B.

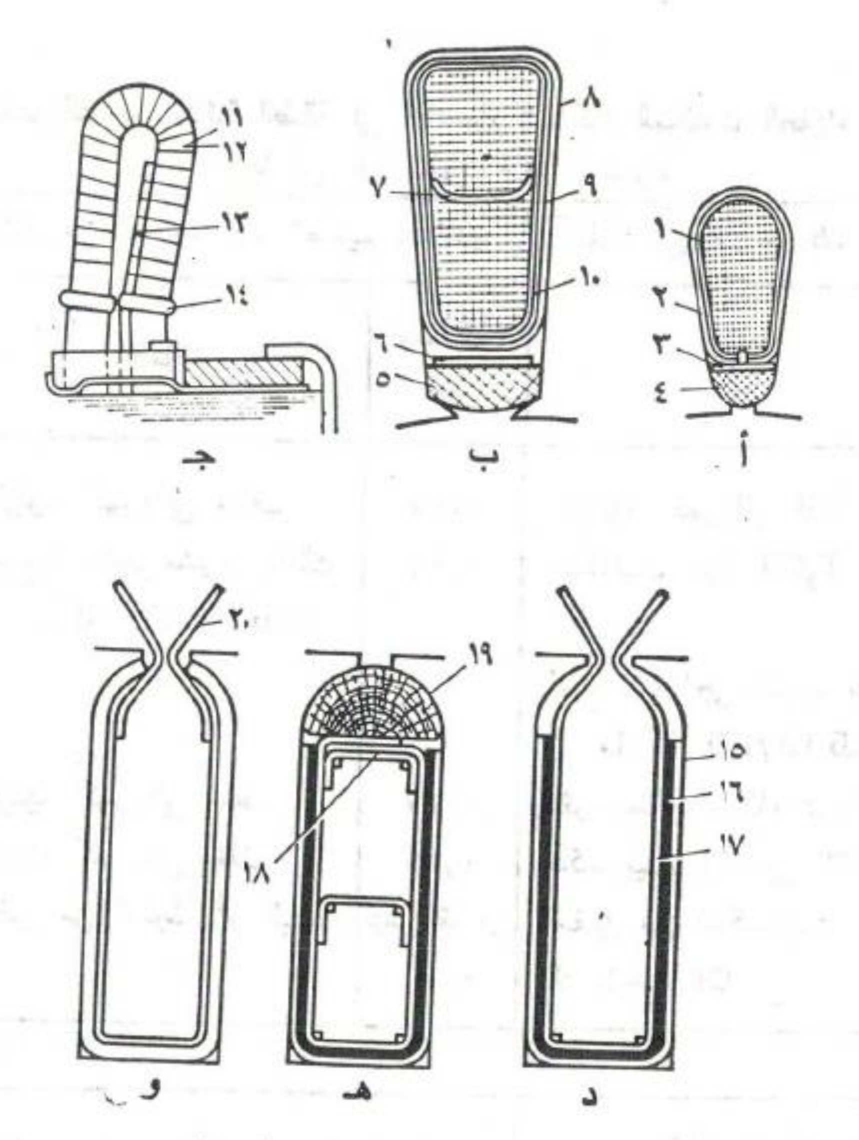
الجدول ١٨

عوازل ملفات التنزيل ثنائية الطبقة فى الاعضاء الساكنة للمكنات الحديثة التى تعادل قدرتها من ١٠ الى ١٠٠ كيلوواط

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤، ب	عازل من الدرجة E، تصميم اعتيادى		عازل من الدرجة B، تصميم اعتيادى	
	المادة	السماكة، مم	المادة	السماكة، مم
٨	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	كرتون كهربائى ЭВ	٠,٢
٩	نسيج زجاجى مشرب باللك ماركة ЛСБ-120/130	٠,١٧	ميكانيت مرن $Г_2СП$	٠,٢
١٠	—	—	نسيج زجاجى مشرب باللك ماركة ЛСБ-120/130	٠,١٧
٧	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	رقائق مغطاة بالميكا ومشربة باللك	٠,٤٥
٦	كرتون كهربائى مغلف	٠,٢٧	تكستوليت زجاجى СТ	٠,٥
٥	اسفين من البلوط أو البتولا	ليس اقل من ٢,٥	اسفين من التكستوليت الزجاجى СТ	ليس أقل من ٢,٥

تتمة الجدول ١٨

رقم التسلسل على الشكل ١٤٤، ب	عازل من الدرجة F، تصميم اعتيادى		عازل من الدرجة H، تصميم خاص بالمناطق الحارة	
	المادة	السماكة، مم	المادة	السماكة، مم
٨	الكترونيت	٠,٢	نسيج زجاجى مشرب باللك ماركة ЛСК-155/180	٠,١٥
٩	ميكانيت زجاجى مرن $Г_2ФГ11$	٠,٣٥	ميكانيت زجاجى مرن $Г_2ФК\ 11$	٠,٣٥
١٠	نسيج زجاجى مشرب باللك ЛСП-130/155	٠,١٥	نسيج زجاجى مشرب باللك ماركة ЛСК-155/180	٠,١٥
٧	رقائق مغطاة بالميكا ومشربة باللك	٠,٤٥	ميكانيت زجاجى مشرب باللك	٠,٥
٦	تكستوليت زجاجى СТЭФ	٠,٥	تكستوليت زجاجى СТК	٠,٥
٥	اسفين من التكستوليت الزجاجى СТЭФ	ليس أقل من ٢,٥	أسفين من التكستوليت الزجاجى СТЭФ	ليس أقل من ٢,٥



الشكل ١٤٤ – عزل ملفات التنزيل :
أ – مجرى ملف التنزيل احادى الطبقة ، ب – مجرى ملف التنزيل ثنائى الطبقة ، جـ – القسم الجبهى لوشيعة ملف التنزيل ثنائى الطبقة ، د – علبة مجارى ثلاثية الطبقات لها طبقة كرتون بارزة من المجرى ، هـ – منظر عازل المجارى ثلاثى الطبقات بعد قص طبقة الكرتون الكهربائى ووضع اسفين ، و – استخدام لقم اضافية من الكرتون الكهربائى لوضع ملف التنزيل داخل المجرى نصف المغلق

وعند اصلاح ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة ، وعندما تكون الدرجة A للصمود ضد الحرارة ، غالبا ما تستخدم علب المجارى (الشكل ١٤٤ ، د) ، التى تتألف من شريحتين ١٥ و ١٧ من الكرتون الكهربائى مع شريحة ١٦ بينهما من النسيج المشرب باللك ، وتوضع التساميك ١٨ (الشكل ١٤٤ ، هـ) بين طبقات الملف فى المجارى وتحت الاسفين الخشبى ١٩ ، حيث تقوم الشريحة الخارجية المصنوعة من الكرتون الكهربائى بحماية النسيج المشرب باللك من التضرر بجدران المجرى ، وتقوم الشريحة الداخلية

بحماية النسيج المذكور من ثنيه من قبل اسلاك الملف ، وكذلك تقوم بوقاية عازل الاسلاك اثناء «تنزيلها» فى المجرى من التضرر بحواف الاسنان . ولذا تصنع الشريحة الداخلية بشكل اعرض وتخرج اطرافها من المجرى ، ثم تقص هذه الاطراف البارزة بعد تنزيل الملف . اما اذا بقيت الشريحة الداخلية بعد القص اعرض من غيرها ، فانه عند اسفنة المجارى يمكن ان تحصل تجعيدات داخل المجرى. ولتجنب ذلك غالبا ما نلجأ حاليا الى جعل الشرائح الثلاثة بعرض واحد ، وعند تنزيل الملف فى المجرى توضع صفائح اضافية ٢٠ (الشكل ١٤٤ ، د) من الكرتون الكهربائى ، تحمى عوازل الاسلاك من الاذى . وبعد تنزيل جميع الاسلاك فى المجرى تنزع الصفائح الاضافية وتوضع فى المجرى التالى .

ومن عيوب علبة عزل المجارى الثلاثية الطبقات يمكننا ان نذكر سماكتها الكبيرة (٠,٦ — ٠,٦٥ مم) وكذلك وجود الهواء بين الطبقات مما يسئ بشكل ملحوظ الى العطاء الحرارى للملف ، ويؤدى استخدام الكرتون الكهربائى المغلف الى ازالة هذه العيوب .

وتعزل الفلكات الضاغطة فى العضو الساكن بعدة شرائح من الكرتون الكهربائى ، ويتم اختيار كميتها وسماكتها بحيث تصل الى قعر المجرى وتقوم بدور المسند لاطراف علب عزل المجارى البارزة من المجرى ، فتقيها من الانقطاع عند ثنى الاقسام الجبهية للملف . وتدعم الاطراف البارزة من المجرى بتشفيهها (تثنى الاطراف وتتشكل الشفاه) ، او بتلبيس امشاط من الفيبر المكبوس عليها .

لا توضع عادة صفائح عزل اضافية بين الاقسام الجبهية للوشائع فى نفس المجموعة الوشائعية فى ملفات التنزيل ، اما بين المجموعات الوشائعية فتوضع صفائح خاصة تصنع من نفس المادة التى صنعت منها علب المجارى . وتكون هذه الصفائح ضرورية لأن المجموعات الوشائعية المتجاورة فى الملف تنتمى الى اطوار مختلفة وتظهر بينها فلطية خطية .

ان استخدام المواد الفعالة فى المكنة ، اى فولاذ الموصلات المغناطيسية والنحاس (الالومنيوم) فى الملفات ، يتعلق لحد كبير بمدى كثافة املاء

المجرى بالمادة الناقلة . فكلما كان هذا الاملاء أكبر (مع تساوى الظروف الاخرى) ، كلما كان استخدام المكنة افضل ، اى انها تستطيع توليد قدرة اكبر . وبالنسبة لملفات التنزيل ، لا ينشغل القسم الاعظم من المجرى بعازل الهيكل فقط ، بل وبالعازل بين اللفات اى عازل الاسلاك ذاتها . ففى السابق عندما كانت متانة المينا العازل غير كافية ، كانت تستخدم غالبا فى ملفات التنزيل اسلاك اللف ذات العازل المختلط من الليف والمينا مثل السلك ماركة ПЭЛБО . وفى الوقت الحاضر تستخدم هنا اسلاك مغطاة بالمينا (ПЭВ—2 ، ПЭТВ وغيرها) ، مما يسمح بتحسين امتلاء المجرى بشكل ملحوظ .

ليس هناك حاجة لتثبيت الاقسام الجبهية لملفات التنزيل فى الاعضاء الساكنة للمكنات ذات القدرة الصغيرة والمتوسطة ، وذلك لأن تربيطها العادى بشريط التفتا والخام (الشيت) والكيبر والنسيج الزجاجى او بخيط القنب يكون كافيا لمقاومة الاجهادات الميكانيكية التى تظهر مثلا عند مرور تيارات قصر الدائرة . وفى المكنات الأكبر تستخدم اجزاء خاصة لتثبيت الاقسام الجبهية للملف ، مثلا صفائح من الورق الطبقى الراتنجى ومشدات خشبية .

تثبت اقسام الملف الموجودة فى المجرى ، كما ذكر اعلاه ، بمساعدة اسافين المجارى ، التى تصنع من الخشب القاسى (البلوط ، البتولا) ، ومن التكستوليت او من الورق الطبقى الراتنجى .

ويمكن تقسيم عملية اصلاح ملفات التنزيل الى المراحل الاساسية التالية : تصنيع الاجزاء العازلة ووضعها فى مكانها ، ولف الوشائع ، وتنزيل الملف ، ولحام التوصيلات وعزلها ، وتجفيف الملف وتشريبه واختباره .

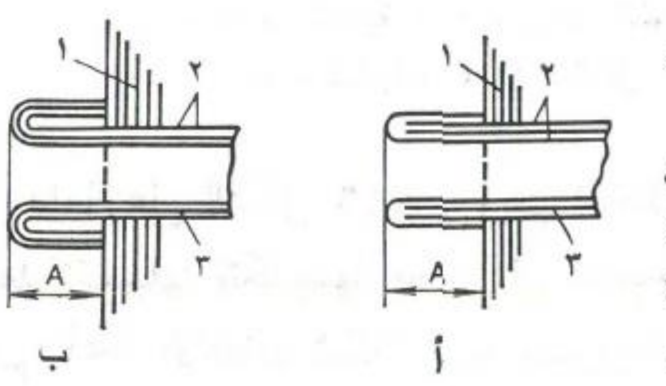
يجب تحضير المواد التى تصنع منها الاجزاء العازلة ، مسبقا وبصورة ملائمة . فيأتى الكرتون الكهربائى والكرتون الكهربائى المغلف والنسيج المشرب باللك ، من الصناعة على هيئة لفائف كبيرة وثقيلة ، لذا يعاد لفها الى لفائف ذات ابعاد اصغر وكتلتها تعادل ١٠ — ١٥ كغ . ويجفف الكرتون الكهربائى فى الوضع الرأسى فى فرن التجفيف خلال ١ — ٢ ساعة بدرجة ٩٠ — ٩٥°م ، ثم يشرب وهو فى الحالة الساخنة بزيت الكتان او الزيت

الجفوف ويجفف من جديد فى الفرن بنفس الدرجة المذكورة لمدة ٣ ــ ٤ ساعات . ويمكن كذلك تجفيف الكرتون الكهربائى بعد تشريبه ، فى الهواء بدرجة حرارة الغرفة، ولكن يجب ان يستمر التجفيف عندئذ ٢٤ ــ ٣٦ ساعة . ويجب ان تكون لفيفة الكرتون الكهربائى عند تجفيفها فى الفرن او فى الهواء ، فى الوضع الرأسى وان تكون مفككة بحيث يكون الخلوص بين اللفات ٢ ــ ٣ مم .

ويجب تفصيل المواد العازلة بحيث تكون الفضلات أقل ما يمكن . وتقص اغفال علب المجارى وغيرها من الاجزاء العازلة بمقص مفصلى بذراع مزود بصفيحة ضاغطة وصفيحة تحديد . ويقص الكرتون الكهربائى بحيث يكون اتجاه أليافه فى العلب الموضوعة فى المجارى منطبقا مع المحور الطولى للمكنة .

عند تحديد طول الاغفال لعلب المجارى علينا ان نأخذ بعين الاعتبار ، انه يجب ان تكون اطراف العلب مثنية ، ويجب ان يبرز طرفا العلبة من المجرى من جانبى القلب بمقدار ٨ ــ ٢٠ مم (تبعا لأبعاد المكنة) .

ان تشفيه اطراف علب المجارى يهدف الى تقوية هذه الاماكن منعا لتشققها عند تنزيل الملف ، ويمكن ان ينفذ هذا التشفيه باحدى الطرق المبينة على الشكل ١٤٥ ، أ ، ب . ويستخدم التشفيه الثلاثى الطبقات (الشكل ١٤٥ ، ب) ، وهو الأضمن ، فى الاعضاء الساكنة حيث لا توجد حلقات استناد عازلة على حواف فولاذ القلب ، او حيث لا يمكن عزل الفلكات الضاغطة للعضو الساكن بحيث تصبح مسندا لاطراف علب



الشكل ١٤٥ ــ أكمام علب المجارى : أ ــ كم يتشكل بالطبقة الداخلية لعلبة المجارى ، ب ــ كم يتشكل من ثلاث طبقات لعلبة المجارى؛ ١ ــ القلب الفولاذى، ٢ ــ كرتون كهربائى ، ٣ ــ الطبقة الداخلية من النسيج المشرب باللك او من الميكانيت

المجارى ، غير ان التشفيه الثلاثى الطبقات يشغل مكانا أكبر من التشفيه الثنائى الطبقات المبين على الشكل ١٤٥ ، أ .

ويمكن قبل تحديد طول الاغفال لعلب المجارى ، ان نستعين بمعطيات الجدول ١٩ ، الذى يبين الطول التقريبى الظاهر من المجرى لعلب المجارى ، وذلك لمكنات متنوعة القدرة .

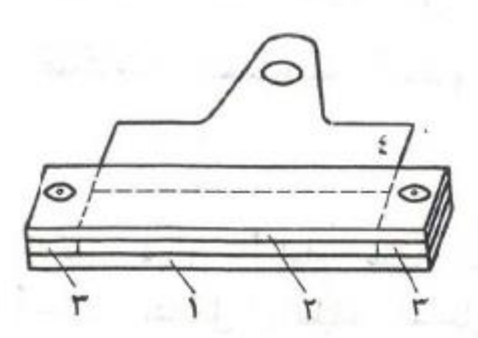
الجدول ١٩

الطول التقريبى لبروز علبة المجارى ، للمكنات المتنوعة القدرة

قدرة المكنة ، كيلوراط	طول بروز علبة المجارى ، مم	
	عند التشفيه الثنائى الطبقات (الشكل ١٤٥ ، أ)	عند التشفيه الثلاثى الطبقات (الشكل ١٤٥ ، ب)
اقل من ٥	١٠	٨
من ٥ الى ٤٠	١٥	١٢
من ٤٠ الى ١٠٠	٢٠	١٥

ولتصنيع علب المجارى يتم كبس الطبقات المكدسة للاغفال فى نبيطة التكبيس ، كى نعطى الغفل شكلا مطلوبا ، وعند الضرورة تلصق بعض الطبقات مع بعضها .

ولتصنيع التشفيهات بشكل اسرع تستخدم نبائط بسيطة متنوعة تبين



الشكل ١٤٦ — نبيطة لثنى حواف اكمام علب المجارى :
١ — البلاطة السفلية ، ٢ — البلاطة العلوية ، ٣ — تساميك ، ٤ — الغفل

احداها على الشكل ١٤٦ . ويتم ادخال اغفال علبة المجارى حتى النهاية بعد تفصيلها وتكديسها معا ، فى صفيحة متحركة ومثبتة على طول الشفة ، ثم تأخذ الاغفال شكلا لازما بتدويرها بمقدار ١٨٠° .

وبعد ذلك يتم تكبيس اغفال علبة المجارى على شياق ، وتوضع فى مجارى العضو الساكن ، مع تقويمها عندئذ بواسطة شياق خشبى ، لكى تستقر باحكام على قعر المجرى . ويجب ان يطابق شكل الشياق لشكل المجرى ، وان تكون ابعاده اقل بمقدار سماكة عازل المجرى ، ويجب ان تبرز العلبة من طرفى العضو الساكن بشكل متساو .

ويتم عزل الفلكات الضاغطة والصفائح الطرفية من قلب العضو الساكن بواسطة شرائح من الكرتون الكهربائى ، تلصق بلك عازل وتثبت بخيوط تشكيل الاطراف . ويجب اختيار سماكة الشرائح وعددها بحيث يكون بامكانها ان تقوم بدور المسند لاطراف علبة المجارى البارزة من المجرى ، وان تقيها من التمزق عند ثنى الاقسام الجبهية للملف .

نبدأ باصلاح الملف بعد أن نحضر التساميك تحت الاسافين والتساميك بين طبقات الملف فى المجرى (من اجل الملف الثنائى الطبقات) ، والتساميك بين الاطوار للأقسام الجبهية ، والانابيب المخصصة لعزل اماكن توصيلات الاسلاك وعزل التوصيلات الداخلية والمآخذ ، وكذلك اسافين المجارى .

يجب ان تكون التساميك الموضوعة فى المجرى تحت الاسفين ، وكذلك التساميك بين طبقتى الملف الثنائى الطبقات ، اعرض من المجرى فى المكان الملائم بحيث تستقر التساميك فى المجرى على شكل قوس ، اى تكون حوافها مشطوفة بالميل. ويتحدد البعد العرضى بين التساميك الموضوعة بين الاطوار فى الاقسام الجبهية ، بموجب خطوة الملف ، اما البعد الطولى فيتحدد بموجب مدى بروز الاقسام الجبهية .

تصنع اسافين المجارى عادة من الخشب الصلب (بلوط ، بتولا ، قبقب) على مخرطة خاصة ، مثلا على المخرطة СПК-5 . ويتعلق شكل الاسفين وسماكته وعرضه بشكل القسم العلوى للمجرى وامتلائه ، ويجب ان لا تقل سماكة الاسافين عن ٢ مم ، اما طول الاسفين فيجب ان يكون أكبر من طول قلب العضو الساكن ويساوى طول علبة المجارى او اقصر منها بـ ٢ — ٤ مم . كما يجب ان لا تزيد رطوبة الخشب الذى تصنع منه الاسافين عن ١٠ — ١٢٪ . ولكى تحصل الاسافين الخشبية على خواص عالية للعزل

الكهربائى ولتبطئ عملية امتصاصها للرطوبة ، يتم تشريب الاسافين بزيت الكتان او الزيت الجفوف ، ولهذا الغرض يتم تغطيس الاسافين فى وعاء يملأ بزيت الكتان او الزيت الجفوف حتى ٢٠ — ٣٠ مم اعلى من مستوى الاجزاء المغطسة ، ويسخن الوعاء لدرجة ١٠٥ — ١١٠°م ، ويستمر التشريب عند هذه الدرجة خلال ٢—٣ ساعات. ويتم ضبط نوعية التشريب بواسطة شكل المكسر فى القطعة التجريبية ، فاذا تبين ان المقطع بكامله ليس مشربا بالزيت ، يجب تمديد مدة التشريب . وعند انتهاء عملية التشريب يبرد الوعاء دون نزع الاسافين منه . وبعد ان يبرد تنزع منه الاسافين وتوضع على شبكة معدنية او خشبية ، ومن ثم تجفف فى الفرن .

ان الاسافين المصنوعة من الورق الطبقى الراتنجى والتكستوليت تفوق الاسافين المصنوعة من الخشب من حيث المتانة الميكانيكية وخواص العزل وعدم التعرض للجفاف ومن حيث الصمود للرطوبة . ولذا تستخدم فى المكنات الحديثة اسافين تصنع من هذه المواد ، غير ان كلفتها العالية ، وصعوبة التشغيل الميكانيكى للاسافين المصنوعة من هذه المواد تحد من استخدامها فى ورشات الاصلاح الصغيرة . وبالرغم من ذلك ، فاذا كانت سماكة الاسافين صغيرة وطولها كبيرا ، نضطر الى استخدام الاسافين المصنوعة من التكستوليت والورق الطبقى الراتنجى ، وذلك لان الاسافين الخشبية لا تكون متينة بما فيه الكفاية .

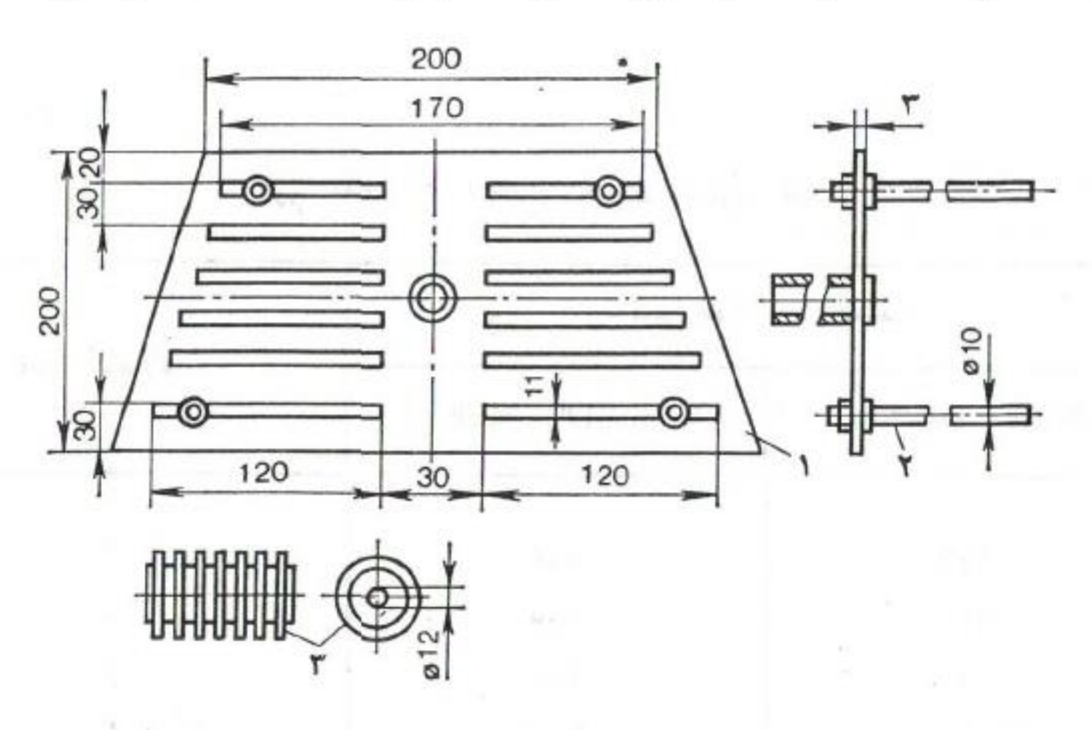
وفى المكنات الحاوية على عوازل من الصنف B و F و H ، لا يمكن استخدام الاسافين الخشبية او حتى الاسافين المصنوعة من الورق الطبقى الراتنجى ، بسبب صمودها غير الكافى ضد الاحماء . وعندئذ تستخدم الاسافين المصنوعة من التكستوليت الزجاجى ماركة СТЭФ او СТК .

غالبا ما يثبت الملف فى المكنات الحديثة ذات القدرة الصغيرة ، بواسطة اغطية المجارى بدلا من الاسافين ، وتصنع هذه الاغطية على هيئة شرائح من نفس المادة العازلة التى تصنع منها عوازل المجارى ولكنها ذات سماكة اكبر (٠,٣ — ٠,٥ مم) ، ولا توضع اية نساميك تحت غطاء المجرى . وتعمل اغطية المجارى على رص الملف فى المجرى بشكل اضعف من

الاسافين ، غير أن تشريب الملف وتجفيفه وشويه ، تؤدى الى سمنتة الاسلاك الموضوعة فى المجارى مما يزيد من جساءة اغطية المجارى .

تلف وشائع ملفات التنزيل على شابلونات تركب على مكنات اللف المزودة بجهاز تحريك يدوى او ميكانيكى . وتستخدم انواع مختلفة جدا من هذه المكنات ، بالاضافة الى انه تستخدم احيانا المخارط (تربط الشابلونة فى الترس) .

غالبا ما تستخدم فى التطبيق العملى شابلونات شاملة الاغراض ، اى تسمح بتغيير ابعاد الملف . ويمكن أن تكون الشابلونات خشبية او معدنية (على الاغلب من الالومنيوم او سبائكه) ، ويفضل استخدام الشابلونات المعدنية التى تعمل فترة اطول وفى الباب السادس اعطيت شروح مختصرة لاثنتين من الشابلونات الشاملة الاغراض مع عملية لف الوشائع عليهما . ويبين الشكل ١٤٧ نوعا آخر مريحا من الشابلونات الشاملة الاغراض ، حيث



الشكل ١٤٧ — شابلونة عمومية :
١ — البلاطة ، ٢ — صبلمة ، ٣ — دحروج

يتم هنا التوصل الى تغيير ابعاد الوشائع الملفوفة على البكرات ٣ ، عن طريق تحريك الصبالم ٢ على البلاطة ١ . وتزود الشابلونة بعدة اقنية ، مما يسمح بلف عدة وشائع دون تقطيع السلك فى المجموعة الوشائعية او حتى لف

الطور بأكمله . وهذا يؤدى ، كما ذكر اعلاه ، الى التخفيض الشديد لحجم اعمال اللف ، لانه يحول دون لحام التوصيلات ، ويرفع من ضمانة الملف لانه يقلل من عدد اماكن توصيل الاسلاك ، ويعطى امكانية تصغير القسم الجبهى للملف ، ويخفض من احتمال حدوث الاخطاء عند تجميع المخطط .

يجب معرفة القياس المطلوب للوشيعة لكى يتم تركيب الشابلونة بشكل صحيح . ويمكن تحديد الطول الوسطى للفة تقريبيا بموجب الصيغة :

$$l_m = k(D + h_{ch})\,y/z + (2l_1 + 60).$$

حيث l_m — الطول المتوسط للفة ، مم ؛ D — قطر القسم المخروط من العضو الساكن ، مم ؛ h_{ch} — ارتفاع المجرى ، مم ؛ y — خطوة الملف حسب المجارى ؛ z — عدد المجارى فى العضو الساكن ؛ l_1 — طول قلب العضو الساكن ، بما فى ذلك اقنية التهوية القطرية ، مم ؛ k — معامل يتحدد من الجدول ٢٠ .

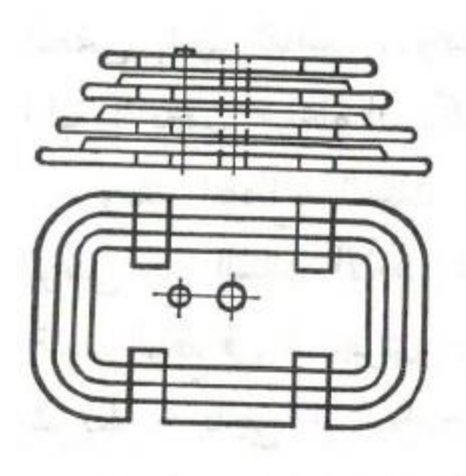
الجدول ٢٠

قيم معامل k لتحديد متوسط الطول للفة

عدد الأقطاب	قيم معامل k للملف	
	الثنائى الطبقات	الاحادى الطبقة
٢	٨,٢	٩,٢
٤	٨,٥	٩,٥
٧	٩,١	١٠,٢
٨ واكثر	٩,٨	١١

ومن المستحسن التأكد من ابعاد الوشائع بمساعدة اللفة التجريبية . وان عامل اللف الذى يتمتع بخبرة معينة ، يحدد بدقة كافية البعد المطلوب للوشيعة ويقوم بالضبط اللازم للشابلونة ، بعد ان يضع اللفة التجريبية على الوشيعة .

ومن المريح استخدام الشابلونات الشاملة الاغراض والمتعددة المجارى ، عند لف الملفات الثنائية الطبقات والاحادية الطبقات ذات الوشائع المتساوية . اما عند لف المجموعات الوشائعية للملفات المتمركزة والاحادية الطبقة ، فتستخدم الشابلونات المتدرجة (الشكل ١٤٨) . ويساوى عدد الاقنية (التدريجات) لمثل هذه الشابلونة ، الى عدد الوشائع (القطاعات) فى المجموعة الوشائعية . وفى بعض الاحيان تستخدم شابلونات شاملة الاغراض واحادية المجرى تجمع معا ، وذلك عند لف المجموعات الوشائعية للملفات المتمركزة الاحادية الطبقة .



الشكل ١٤٨ – شابلونة متدرجة

قبل لف الوشائع يجرى تحضير العدد اللازم من الطنابير واللفائف او البكرات لأسلاك اللف ، حسب كمية الاسلاك المتوازية فى اللفة . وتمرر نهايات الاسلاك عبر انبوبة مصنوعة من بولى فنيل كلوريد (PVC) لتسهيل الحفاظ على سلك اللف فى وضع معين ، وتمرر كذلك عبر تجهيزة الربط التى تضبط مقدار شد السلك ، وتثبت بداية اللفة على الشابلونة (او جميع اسلاكها اذا كانت اللفة مؤلفة من عدة اسلاك اولية) .

يجب عند لف الوشائع ، ان نلفت الانتباه ، الى ان لاتتشكل العقد على السلك النازل من البكرة او الطنبور ، حيث ان ذلك يؤدى الى تشكيل عيوب اللف نتيجة تعطيب العازل فى السلكين المتجاورين عند رص الوشيعة اثناء تنزيلها فى المجارى .

ففى الشابلونة المؤلفة من عدة مجار ، تلف اولا الوشيعة فى المجرى الاول ، ومن ثم تنقل اللفة الى المجرى الثانى وتلف فيه الوشيعة الثانية ، وهكذا دواليك حتى يتم لف المجموعة الوشائعية بأكملها . وتربط كل وشيعة فى قسمها المستقيم بشريط او خيط قنب ، وتنزع بعد ذلك عن الشابلونة .

ويجب القيام باللف بحيث تستقر الاسلاك على الشابلونة بموازاة بعضها

البعض بدون تقاطع . وعند لف الوشائع التى تتألف لفاتها من عدة اسلاك اولية ، يجب مراعاة ان يكون شد الاسلاك واحدا ، مما يضمن تراص الوشيعة .

وعند انقطاع السلك او انتهائه فى البكرة ، يجب مراعاة كون مكان الوصل مع السلك الآخر فقط فى القسم الجبهى وعدم السماح بتواجده فى القسم الواقع فى المجرى من اللفة . وبعد لحام مكان التوصيل فانه يعزل بلفه بشريط زجاجى او بواسطة انبوبة عازلة كهربائيا .

وتعتبر عملية تنزيل الملف من اهم واصعب العمليات فى الاصلاح . ويجب على العامل قبل بدء تنزيل وشائع الملف، ان يدرس بعناية مرة اخرى معطيات المكنة مستعينا بسجل اللف والحساب ، الذى يرد شكله فى الجدول ٢١ .

الجدول ٢١

سجل اللف والحساب

نوع المحرك الكهربائى ____________________

kW ________ P

V ________ U

A ________ I

R/min ________ n

________ z

سلك اللف : ماركة ________ قطر ________

عدد الاسلاك المتوازية ____________________

عدد اللفات فى الوشيعة (القطاع) ____________________

عدد النواقل فى المجرى ____________________

الخطوة ____________________

توصيل المجموعات الوشائعية (عدد الفروع المتوازية) ____________________

عدد المجموعات فى الطور وعدد الوشائع فى المجموعة ____________________

نوع الملف ____________________

توصيل الاطوار ________________________________

بروز القسم الجبهى للملف ________________________________

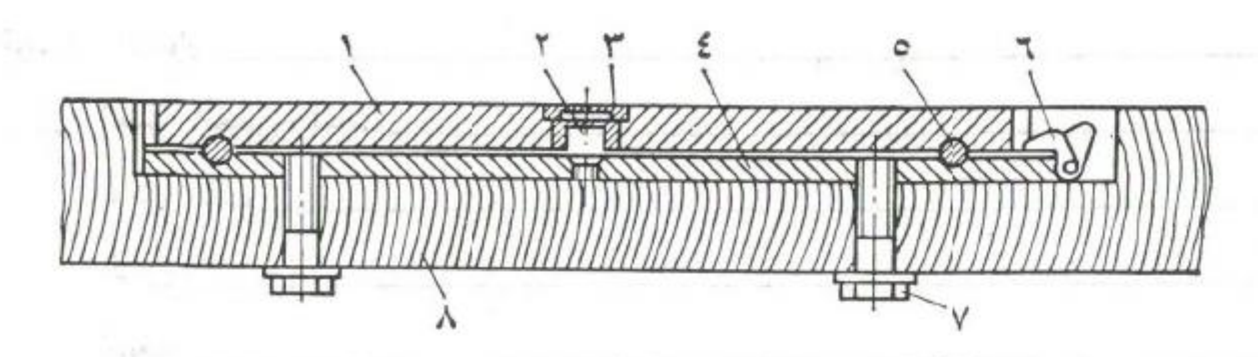
عامل اللف ________________________________

التاريخ ________________________________

التوقيع ________________________________

وفى السطر الموجود فى السجل «توصيل المجموعات الوشائعية» يجب ان نذكر وجود الفروع المتوازية او عدمه ، وعددها فى حال وجودها . مثلا ، التوصيل متسلسل (لا توجد فروع متوازية) ؛ فرعان متوازيان ؛ ٣ فروع متوازية وهكذا . وفى السطر «عدد المجموعات فى الطور وعدد الوشائع فى المجموعة» يجب ان نذكر عدد المجموعات الوشائعية او عدد انصاف المجموعات الوشائعية عند تنفيذ الملف «بالتهادى» للطور الواحد . مثلا ، ٦ مجموعات احادية ، ٣ مجموعات ثنائية ، مجموعتان ثلاثيتان ، مجموعتان احاديتان ومجموعتان ثنائيتان وهكذا. وفى السطر «توصيل الاطوار» يذكر نوع توصيل الملفات الطورية : Δ/Y ، Y ، Δ . ولا تحتاج السطور الاخرى للسجل الى شروح اضافية .

لا يستخدم العامل اثناء تنزيل الملف ادوات التركيب الاعتيادية فقط (قراضة ، زردية ، مطرقة فولاذية ومطرقة خشبية ، سكينة ، مساطر وغيرها) ، وانما يستخدم ايضا طاقما من العدد المتخصصة ، التى يبين جزء منها على الشكل ٨٢ . وبالاضافة الى الادوات المبينة على الشكل تستخدم ايضا صفائح ذات اشكال مختلفة من الفيبر والتكستوليت ، وذلك لدفع اسلاك ملف التنزيل الى داخل المجرى عبر الشق ، ولتنظيم وضع الاسلاك فى المجرى ، ولثنى الاقسام الجبهية للملف ، وشياقات لرص الاسلاك فى المجرى تصنع من المعدن والفيبر والتكستوليت (مطارق صغيرة ، كاويات ، مسادات) ، وصفائح ذات حواف مستديرة لفصل الاسلاك فى اللفات والقطاعات (عدادات) ، وخطافات سلكية لها اشكال متنوعة لدفع الشريط عند العزل ولتثبيت الاقسام الجبهية ، وشياقات لثنى الاقسام الجبهية للملف بهدف اعطائها الشكل المطلوب ، ومقصات متنوعة الاشكال والابعاد ، وغير ذلك .

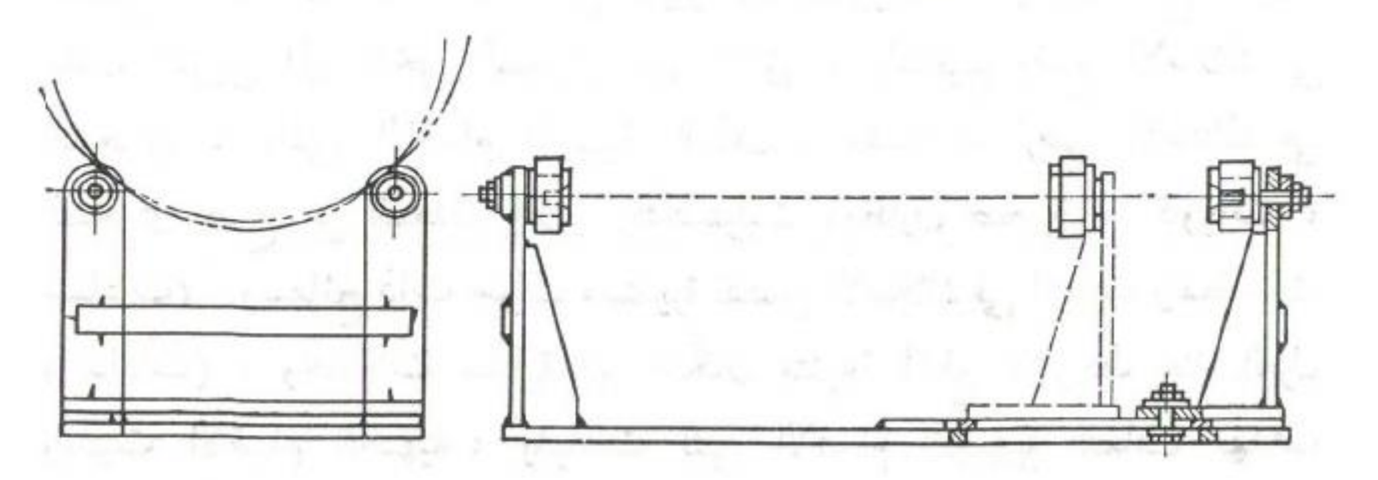


الشكل ١٤٩ – طاولة دوارة :
١ – قرص دوار ، ٢ – محور الدوران ، ٣ – جلبة ، ٤ – قرص ثابت ، ٥ – كرة ، ٦ – سقاطة ، ٧ – لولب ، ٨ – طاولة العمل

ويجب الحفاظ على كل ادوات التركيب فى حالة جيدة ، وان تكون خالية من الروايش والحفر وغير ذلك من العيوب التى بامكانها ان تلحق الاذى بعوازل الملف .

ويكون مكان العمل لعامل اللف عبارة عن طاولة دوارة تسمح بتدوير المكنة الموضوعة عليها حول المحور الرأسى (الشكل ١٤٩) .

وتتألف هذه الطاولة من القرص الدوار العلوى ١ والقرص الثابت السفلى ٤ المثبت على الطاولة ٨ بواسطة اللوالب ٧ . وقد حفرت فى القرصين قناة حلقية توضع فيها الكريات ٥ ، مما يسهل تدوير القرص ١ حول محور الدوران ٢ ، وتقوم الجلبة ٣ بايصال الزيت الى هذا المحور . ويتم تثبيت موضع القرص الدوار بالنسبة للقرص الثابت بواسطة الكلابة ٦ التى تدخل فى الشقوق الموجودة على محيط القرص ١ . ونصلح النبيطة البلحية المبينة على الشكل ١٥٠ لتدوير المكنة الجارى اصلاحها حول المحور الافقى ،



الشكل ١٥٠ – نبيطة دحروجية لتدوير المكنة المراد اصلاحها حول المحور الافقى

وتركب هذه النبيطة على الطاولة الدوارة . وهكذا : فان الطاولة الدوارة والقاعدة البلحية تفسحان المجال لتحديد مكان العضو الساكن الجارى اصلاحه فى اى وضع مريح لعامل اللف .

ولندرس العملية التكنولوجية لتركيب ملف التنزيل الثنائى الطبقات ، فهى تبدأ من فحص تناظر توضع علب المجارى . ومن ثم توضع الوشيعة الواجب تنزيلها فوق المجرى الواقع فى اسفل القناة ، وتنزل عبر الشق الى المجرى جميع الاسلاك لجانب واحد من الوشيعة (القطاع) باستخدام صفيحة من الفيبر مأخوذة من طاقم العدد . وتجنبا لتقاطع الاسلاك ضمن المجرى يستحسن القيام بتنزيلها بنفس التسلسل الذى تم بموجبه لفها على الشابلونة . ويجب تصحيح وضع الاسلاك داخل المجرى بواسطة صفيحة من الفيبر على شكل الاسفين تمرر على طول المجرى وتزيل تقاطع الاسلاك وتصالبها . ومن الضرورى مراعاة ان تتوضع الاسلاك داخل المجرى بحيث توازى بعضها البعض . وبنفس الطريقة المذكورة ، تنزل الى قعر المجرى جميع الجوانب الباقية السفلية لوشائع المجموعة الوشائعية الاولى ، وذلك بتدوير جسم العضو الساكن فى كل مرة بمقدار خطوة واحدة للمجارى ، وتبقى الجوانب العلوية لوشائع هذه المجموعة دون تنزيل . وبعدئذ توضع التساميك بين الطبقات فى المجارى التى نزلت اليها الجوانب السفلية لوشائع المجموعة الوشائعية الاولى ، اما بداية المجموعة الوشائعية ونهايتها فيتم تثبيتهما بشكل مضمون بشريط او خيط قنب او «بجراب» بموجب الكونتور الخارجى لرؤوس الاقسام الجبهية للوشائع الطرفية ، بحيث تقع أطراف المآخذ بشكل مواز لأسلاك الوشائع . وهكذا نستمر بالنسبة لجميع الوشائع على طول الخطوة الاولى للملف (وشائع الخطوة الاولى) .

وبعدئذ تنزل الى المجارى جميع الوشائع باطرافها السفلية والعلوية على حد سواء ، بحيث توضع التساميك بين الطبقات بعد تنزيل الجوانب السفلية للوشائع ، ثم تربط بداية المجموعات ونهايتها ، ومن ثم تنزل الجوانب العلوية للوشائع . وان التساميك بين الطبقات ، التى توضع بشكل منحرف وغير صحيح ، لا تضمن العزل اللازم لجوانب الوشائع المختلفة التى تنزل

فى مجرى واحد (يمكن ان تنتمى الوشائع الى اطوار مختلفة) . وبالاضافة الى ذلك فان التسميكة المنحرفة يمكن ان تؤدى الى الحاق الاذى بعازل اللفة اثناء رص الملف فى المجرى .

وتعتبر عملية تنزيل الجوانب العلوية للوشائع أكثر تعقيدا من تنزيل الجوانب السفلية ، وذلك لان قسما من المجرى مملوء بالاسلاك والتساميك بين الطبقات .

وقبل تنزيل اسلاك الجوانب العلوية للوشائع يجرى رص الاسلاك فى المجرى . ولهذا الغرض يتم ادخال الشياق المخصص للرص الى المجرى من الجانب ، وبتحريكه على طول المجرى وضغطه على التسميكة بين الطبقات يتم رص الاسلاك للطبقة السفلية . وفى المكنات ذات القدرة الأكبر حيث تستخدم اسلاك ذات مقاطع كبيرة ، يتم الطرق على الشياق الراص بمطرقة اضافية . فاذا كان معامل امتلاء المجرى كبيرا ، فاننا نضطر دوريا الى رص الاسلاك ، دون ان ننتظر انتهاء تنزيل الوشيعة بأكملها . ويستحسن عندئذ استخدام راص من الفيبر او التكستوليت، اما اذا كان الراص معدنيا فاننا نضطر كل مرة لوضع شريحة من الكرتون الكهربائى تحته ، والا فانه من السهل الحاق الاذى بعازل الاسلاك فى المجرى . وبعد ان ترص اسلاك الطبقة السفلية فى المجرى ، يتم تنظيم اسلاك الطبقة العلوية الموافقة للوشيعة وتنزل الى المجرى عبر الشق . وهنا يرص عادة قسم من الاسلاك بعد تنزيله ، بحيث اننا نضطر لاعادة هذه العملية عدة مرات .

وبعد تنزيل جميع الاسلاك الى المجرى انها ترص من جديد وتغطى علبة المجارى (بعد أن تقص حوافها البارزة عند الضرورة) ، ومن ثم يرص الملف مجددا ، وتنزل التساميك التى توضع تحت الاسافين وتوضع الاسافين فى المجرى . وعندئذ ، يجب مراعاة عدم الحاق الاذى بعلبة المجارى عند ادخال الاسفين ، وتستخدم لهذه الغاية أداة تدعى «بالاسفين العكسى» (انظر الشكل ٨٢) الذى يوضع اثناء ادخال الاسفين من الجهة المعاكسة للجهة التى يتم منها ادخال الاسفين الاساسى للمجرى .

توضع تساميك تحت الوشائع الاولى لكل مجموعة وشائعية فى الاقسام الجبهية بين المجموعات الوشائعية ، وذلك اثناء القيام بعملية تنزيل الجوانب العلوية للوشائع واسفنة المجارى . وتقوم هذه التساميك بدور العازل بين الوشائع المتجاورة التى تنتمى الى اطوار مختلفة .

ويجب أن يكون شكل التساميك التى توضع بين الاطوار مماثلا لشكل الاقسام الجبهية للملف مع زيادة بمقدار ٥ ــ ٧ مم بكامل الكونتور . ويجب ان تغطى هذه التساميك اطراف تلك التساميك التى تبرز من المجارى والموضوعة بين الطبقات .

ومن الضرورى ، قبل تنزيل الوشائع الاخيرة ، ثنى الجوانب العلوية لوشائع الخطوة الاولى ، التى لم تنزل من قبل فى المجارى ، نحو مركز الجزء المخروط من العضو الساكن ، وذلك بقصد ايجاد امكانية تنزيل الجوانب السفلية للوشائع الاخيرة .

ان تنزيل الجوانب العلوية لوشائع الخطوة الاولى التى تعرضت للثنى حيث يمكن ان يحصل خلط فى أسلاكها بين بعضها البعض ، يحتاج الى انتباه خاص وخبرة انتاجية كافية . وعلى وجه الخصوص ، يجب تقويم الاسلاك بعناية واعطائها الشكل المطلوب ، قبل تنزيلها ، اما تنزيل الاسلاك فى المجارى فيجب ان يتم بحذر مع الحفاظ على سلامة العوازل وتوازى الاسلاك وعدم تصالبها فى المجارى .

اثناء تنزيل الملف تثنى الاقسام الجبهية بالاتجاه الذاهب من القطر الداخلى الى القطر الخارجى لقلب العضو الساكن . وان هذا الثنى الذى يعادل ٦ ــ ٨° ، يجب ان يضمن دخول العضو الدوار فى العضو الساكن .

لكى لا تتضرر علب المجارى يجب البدء بثنى الاقسام الجبهية من مسافة ١٠ ــ ١٥ مم من حافة رزمة الفولاذ ، وينفذ الثنى بصفيحة خاصة توضع بكامل سطحها على الاقسام الجبهية ، ثم يطرق على الصفيحة بالمطرقة . ومن المستحسن عند الثنى استخدام شياق خشبى خاص شكله مماثل للمخروط الناقص ، كما ينصح باستخدام شابلونة لفحص تماثل الثنى على دائرة العضو الساكن . وبما أن الوشائع ترص على بعضها البعض عند ثنى الاقسام الجبهية ،

مما قد يسبب انهيار العوازل ، فلذا ينصح بوضع تساميك اضافية بين الوشائع فى اماكن تلامسها .

ويكون تنزيل الملفات الاحادية الطبقة أبسط من الثنائية الطبقات ، لانه لا ضرورة عندئذ فى رفع جانب واحد لوشائع الخطوة الاولى ثم تنزيله لاحقا ، كما لا ضرورة فى تنزيل الصفائح بين الطبقات داخل المجارى ، أما بقية العمليات فى تنزيل الملفات الاحادية والثنائية فتتشابه فيما بينها .

تربط الاقسام الجبهية لملفات التنزيل وتحزم بمساعدة الابرة والخيط وبشريط من القماش .

وبعد الانتهاء من تنزيل الوشائع فى مجارى العضو الساكن واسفنة الملف ، يتم تجميع المخطط . فاذا كان طور الملف قد تم لفه بوشائع منفصلة، فان تجميع المخطط يبدأ من التوصيل المتسلسل للوشائع لتشكل مجموعات وشائعية . وتؤخذ كبدايات للاطوار مآخذ المجموعات الوشائعية الخارجة من المجارى الواقعة بجوار قواعد المآخذ . وينفذ تجميع المخطط بشكل اولى بلف الاسلاك مع بعضها بعد تعريتها من العوازل عند مآخذ الوشائع والمجموعات الوشائعية والاطوار فى الملف ، مع العزل البسيط لاماكن الاسلاك المربوطة مع بعضها وكذلك يجب ثنيها وابعادها عن القلب . ويمكن فحص صحة توصيل المخطط بالجهاز ЕЛ-1 ، ويمكن كذلك القيام بهذا الفحص بواسطة كرة فلاذية من المدرجة الكروية (قطر الكرة يجب ان يكون بحيث لا تتورط فى الشقوق) . ويصل ملف العضو الساكن مع شبكة ثلاثية الاطوار بفلطية منخفضة ، وتوضع الكرة على السطح الداخلى للعضو الساكن . فاذا دارت الكرة على دائرة العضو الساكن ، فان المخطط موصول بشكل صحيح . ويمكن القيام بمثل هذا الفحص بواسطة دوامة تتألف من قرص من الصاج يثقب فى وسطه ويثبت بمسمار على قبضة خشبية .

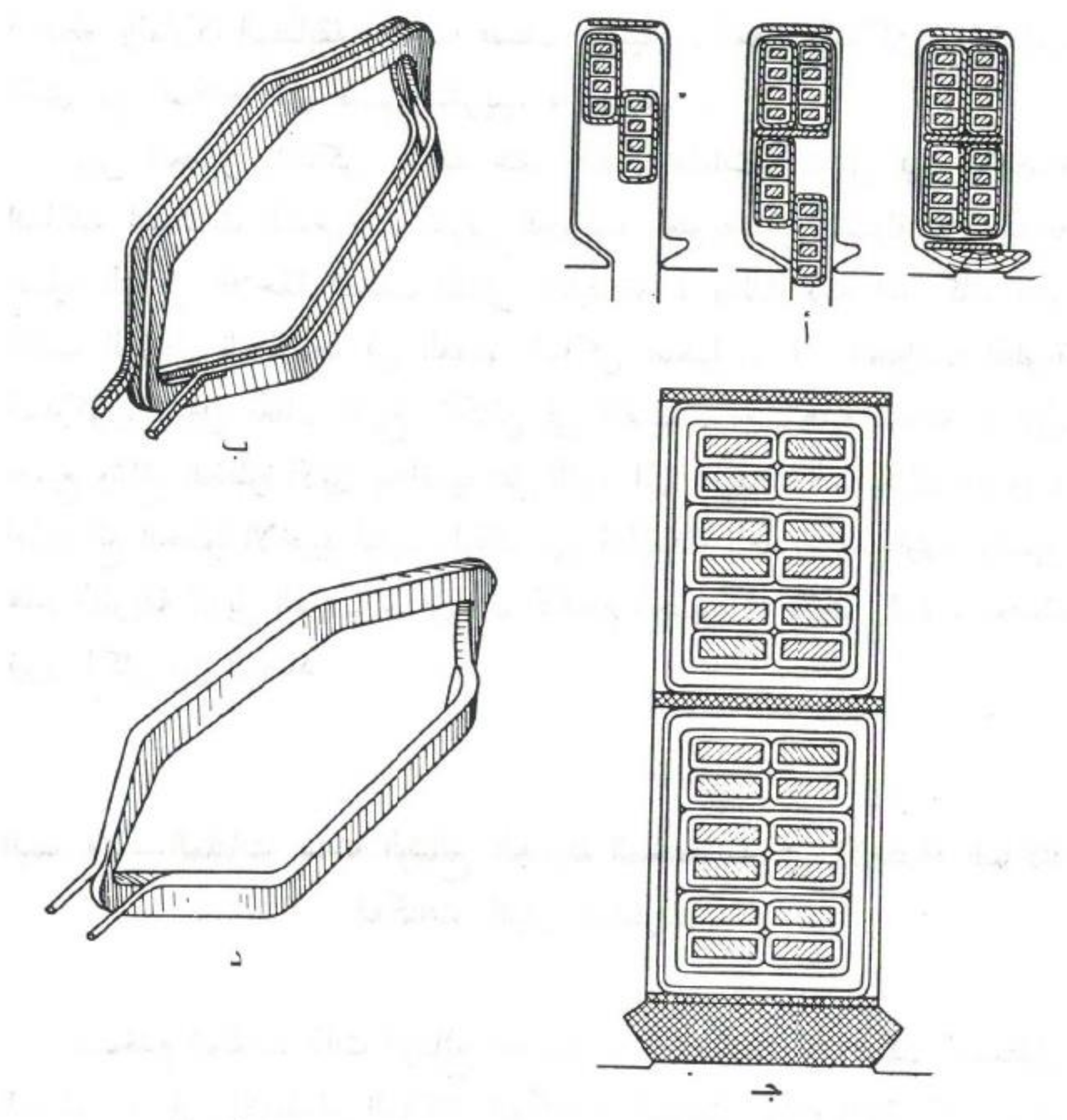
وبعد فحص المخطط يتم توصيل اماكن وصل الوشائع والمجموعات الوشائعية بواسطة لحام المونة او اللحام العادى ، وتعزل بالانابيب الملبسة مسبقا ، او تعزل بالنسيج الزجاجى . وتثبت اماكن التوصيل حسب المخطط على الاقسام الجبهية للملف ، وتصنع مآخذ اطوار الملف بسلك التركيب ذى

المقطع والماركة المطابقة (حسب صنف العازلية) . العضو الساكن مع الملف الذى تم اصلاحه الى قسم التشريب والتجفيف .

ومن الجدير بالذكر ، انه عند ادخال ملفات التنزيل فى الاعضاء الساكنة للمكنات الصغيرة ، تعرقل الجوانب العلوية غير المنزلة فى البداية عملية التنزيل اللاحقة للملف الثنائى الطبقات ، وذلك لانه اذا كان قطر الثقب الداخلى المخروط فى العضو الساكن صغيرا ، فان الجوانب العلوية المذكورة تشغل معظم الفراغ الكائن فى الثقب . وفى هذه الحالة ، تنزل جميع وشائع الخطوة الاولى بجانبيها على الفور الى الطبقات السفلية للمجارى ، اما وشائع الخطوة الاخيرة فينزل طرفاها فى الطبقات العلوية للمجارى. وتسهل هذه الطريقة تنزيل الملف ، غير ان الاقسام الجبهية له تكون زائدة ، بحيث تبرز اكثر من المعتاد .

البند ٥٠ ـ الملفات ذات الوشائع الجسيئة المستخدمة فى الاعضاء الساكنة لمكنات التيار المتناوب

تستخدم الملفات ذات الوشائع الجسيئة ، والمصنوعة من السلك المستطيل المقطع ، فى الاعضاء الساكنة للمكنات المتزامنة واللامتزامنة التى تزيد قدرتها (استطاعتها) عن ١٠٠ كيلوواط . وتكون قلوب الاعضاء الساكنة عندئذ ذات مجارٍ مفتوحة او نصف مفتوحة ، وجدرانها متوازية ، وتستخدم المجارى نصف المفتوحة (الشكل ١٥١ ، أ) . عادة فى المكنات التى تصل قدرتها حتى ٤٠٠ كيلوواط بفلطية تصل حتى ٦٦٠ فولط . ويكون شق هذه المجارى مزاحا عن الوسط الى الجانب ، أما عرضه فيكون عادة أكبر بقليل من نصف العرض الكلى للمجرى . ويوضع فى المجارى عادة ، الملف الثنائى الطبقات والمصنوع من الوشائع الجسيئة المسبقة التشكيل . وتصنع الوشيعة بحيث تكون مفصولة الى قسمين بالعرض ، كما هو مبين على الشكل ١٥١ ، ب ، مما يسمح بتعبئة المجرى عبر الشق .



الشكل ١٥١ – مجارى ووشائع الملفات من السلك المستطيل المقطع :
أ – مجرى نصف مفتوح وتسلسل وضع انصاف الوشائع الجسيئة فيه ، ب – وشيعة جسيئة مؤلفة من نصفين لأجل العضو الساكن المزود بمجار نصف مفتوحة ، ج – مجرى مفتوح فى العضو الساكن ، د – وشيعة جسيئة للملف الثنائى الطبقات لأجل المجارى المفتوحة

وبالرغم من ان استخدام المجارى النصف مفتوحة مرتبط بزيادة عدد الوشائع (نحصل على وشائع مقسمة مضاعفة العدد) ، مما يعقد تنزيلها وتوصيلها وعزل الملف ، اى يزداد حجم اعمال اللف ، فان المجارى النصف مفتوحة تستخدم بشكل واسع فى المكنات العاملة بالتيار المتناوب ، لانها بالمقارنة مع المجارى المفتوحة تحدث مقاومة اقل للتيار المغناطيسى ، وتسمح بزيادة $\cos\varphi$ والدلائل الاخرى للمكنة .

تعزل انصاف الوشائع بالورق او الشريط ، اما فى المجارى فتوضع علب المجارى العازلة ، المصنوعة مثلاً من طبقتين من الكرتون الكهربائى توضع بينهما طبقة من النسيج المشرب باللك ، وتعزل الاقسام الجبهية لانصاف الوشائع بالشريط . وعند تنزيل الوشائع فى المجرى ، غالبا ما يوضع كرتون رقيق مشقق يبرز من المجرى ليشكل ما يسمى بعلبة التمرير) (مبينة بخط رفيع على الشكل ١٥١ ، أ) ، وتكون سماكة الكرتون ٠,٢ مم . وان علبة التمرير هذه تنزع بعد التنزيل ، غير انها تسهل تنزيل الملف الى المجرى وتقى عازل انصاف الوشائع من التلف والتضرر بالاطراف الحادة للروايش .

وتستخدم فى الآونة الاخيرة طريقة عزل الأقسام الجبهية لأنصاف الوشائع بلك خاص КП-22 ، حيث تغطس انصاف الوشائع الجاهزة بأقسامها الجبهية فى اللك ، ومن ثم تجفف بدرجة ١٥٠ — ١٧٠ ° م لمدة ٧ — ١٠ دقائق . ويسمح التشريب المسبق باللك للأقسام الموجودة ضمن المجرى لأنصاف الوشائع بان نستغنى عن عزلها بورق كابلات الهاتف . وكل هذه الاعمال تسهل اعمال اللف لحد كبير .

تستخدم المجارى المفتوحة عادة فى الاعضاء الساكنة للمكنات الضخمة المحسوبة على الفلطية العاليه (الشكل ١٥١ ، ج) ، حيث توضع فيها ملفات ثنائية الطبقات مؤلفة من قطاعات جسيئة (الشكل ١٥١ ، د) . ولا يكفى العازل الاسطوانى لأسلاك الوشائع بورق الهواتف فى هذه المكنات ، لذلك تستخدم هنا عوازل متواصلة للوشائع عن طريق ضفرها بشرائط على محيطها . وتصنع الوشائع غالبا من اسلاك يتألف عازلها من ثلاث طبقات من غشاء اللافسان (القماش الاصطناعى) يلف عليها ملف من الغزل القطنى .

اذا كانت ملفات الاعضاء الساكنة للمكنات العاملة بالتيار المتناوب مصنوعة من الاسلاك ذات مقطع مستطيل الشكل ، فهى تنزل عادة الى المجرى بحيث ينطبق عرضها الأكبر مع عرض المجرى . وهذا يستحسن لتنقيص الضياعات الاضافية الناجمة عن التيارات الدوامية .

وتثبت الأقسام الموضوعة فى المجارى للملفات الحاوية على وشائع

جسيئة ، بمساعدة اسافين المجارى المصنوعة من خشب قاس (بلوط ، بتولا ، قبقب) وكذلك من التكستوليت او الورق الراتنجى . اما الأقسام الجبهية لمثل هذه الملفات فتثبت بالصفائح والمشدات الخشبية او من الورق الراتنجى ، التى تثبت غالبا بصبالم الى فلكات الشد فى قلب العضو الساكن . وفى الملفات الثنائية الطبقات تثبت الأقسام الجبهية بمساعدة حلقات التربيط الفولاذية ، التى يلحم بها عادة عدد من الصفائح ، الملولبة بصبالم مع قلب العضو الساكن . وتعزل الحلقة مع الصفائح بعدة طبقات من الشريط ، وكذلك بتساميك من الكرتون الكهربائى . وتثبت الاقسام الجبهية للملف مع الحلقة بخيط متين ملفوف من القنب او بالشريط .

وخلافا لملفات التنزيل عند اصلاح الملفات ذات القطاعات الجسيئة ، والمستخدمة عادة فى الاعضاء الساكنة للمكنات ، يتم استبدال فقط ذلك الجزء من الملف حيث توجد الوشائع المعطوبة .

وفى هذا النوع من الملفات غالبا ما نصادف الاعطال التى تكون عبارة عن قصر دائرة بين وشائع الاطوار المختلفة ، وقصر دائرة الملف على الهيكل . وهنا تندر مصادفة قصر الدائرة بين اللفات ، وذلك لان الاسلاك ذات المقطع المستطيل الشكل تتمتع بعازل متين بما فيه الكفاية ، وتستقر فى المجرى بشكل منتظم ، مما يساهم فى المحافظة على العازل .

ان تسلسل عمليات تبديل الوشيعة المتضررة بخرق العازل يجرى كما يلى : لكى ننزع الوشيعة المتضررة من المجارى نقوم برفع الجوانب العلوية للوشائع التى تقع ضمن خطوة الملف فى المجارى . ولهذا الغرض ، ينزع العازل الكائن بين توصيلات الوشائع والاطوار ، والاربطة التى تربط بها الاقسام الجبهية مع حلقات التربيط ، ويتم ابعاد المشدات الموجودة بين الاقسام الجبهية ، ويفك لحام التوصيلات بموجب خطوة الملف . ويمرر تيار مستمر عبر الوشائع التى يجب رفعها من المجارى ، وتسخن حتى الدرجة ٨٠ ــ ٩٠° م على سطحها . وبعد ذلك ترفع الجوانب العلوية للوشائع على خطوة الملف بواسطة الاسافين الخشبية ، وتثنى بعناية الى داخل العضو الساكن ، وتربط مع الاقسام الجبهية للوشائع الباقية بشريط عازل .

ثم تنزع الوشيعة ذات العازل المخروق ، من المجارى ويتم الكشف على مجارى العضو الساكن ، فاذا عثرنا فى المجارى على روايش يجب ازالتها بالمبرد ، ثم تنفخ المجارى بالهواء المضغوط بالنربيج . وتوضع فى هذه المجارى وشيعة جديدة مسخنة حتى ٨٠ـ ٩٠° م ، وتدق بطرقات خفيفة بالمطرقة من خلال لوح خشبى يوضع على كل طول الوشيعة فى القسم الموضوع ضمن المجرى . اما الاقسام الجبهية للوشيعة فترص بمطرقة خشبية ، وتربط الجوانب السفلية للأقسام الجبهية مع حلقات التربيط بخيط ملفوف ، ويتم ادخال تساميك بين الاقسام الجبهية وثم ربطها . وفى حال تضرر الشريط المغطى على جوانب الوشيعة ، ينزع الشريط ويعاد عزل الاقسام الجبهية مجددا .

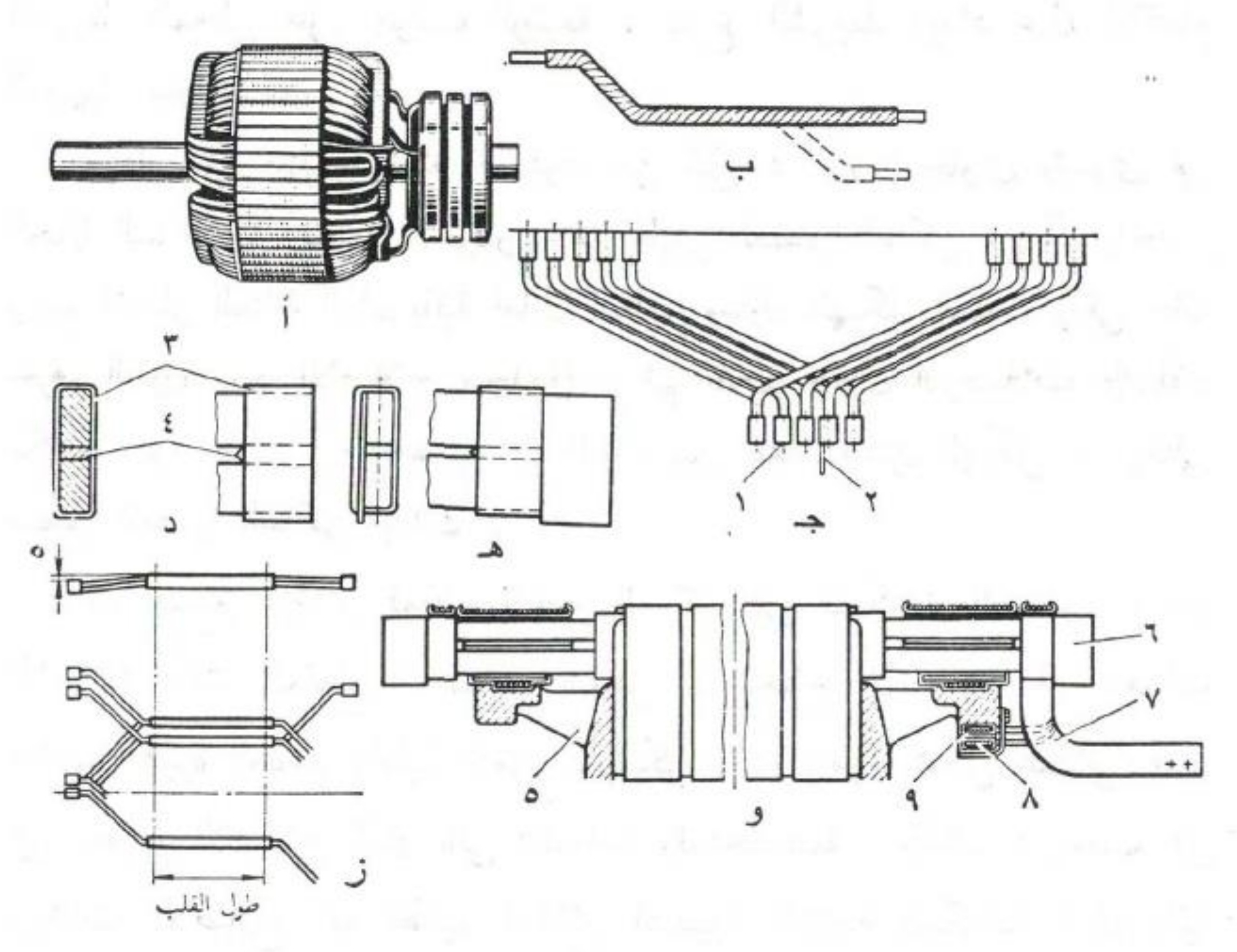
وبعد ذلك تنزل الوشائع المرفوعة من قبل ، الى المجارى وتسوى فى الحالة الساخنة ، وتؤسفن المجارى من طرفى العضو الساكن فى آن واحد . ويتم اختبار المتانة الكهربائية لعازل اللفات وعازل الهيكل للملف (وفى حال خرق العازل يعاد الاصلاح مجددا) . ثم تلحم وتعزل التوصيلات والملف بكامله طورا طورا ، وتفحص متانة العازل بين اللفاتوعزل الهيكل ، ويغطى سطح العضو الساكن باللك .

ان تصنيع الوشائع لملف العضو الساكن فى المكنات الضخمة ، من الاسلاك ذات المقطع المستطيل الشكل ، يحتاج الى استخدام معدات خاصة كبيرة الحجم وغالية الثمن ، يمكن استخدامها بشكل عقلانى فقط فى مصانع الاصلاح الكهربائى الضخمة والمتخصصة . ولذلك ، يجب على ورشات الاصلاح ان تطلب الوشائع التبديلية اللازمة للمكنات الكهربائية الضخمة التى تستخدم فى منطقة نشاطها ، من المصانع التى صنعت هذه المكنات او من المصانع المخصصة بالاصلاح ، حيث ان التصنيع المحلى للوشائع الجسيئة المخصصة للاعضاء الساكنة للمكنات الكبيرة العاملة بالتيار المتناوب ، يؤدى عادة الى رداءة الاصلاح .

البند ٥١ ـ ملفات الاعضاء الدوارة الطورية فى المحركات اللاامتزامنة

يمكن للملفات الطورية فى الاعضاء الدوارة للمحركات اللاامتزامنة ، ان تكون على هيئة وشائع (فى المكنات ذات القدرة الصغيرة) او على هيئة قضبان .

تصنع عادة الملفات الوشائعية للاعضاء الدوارة الطورية فى المكنات غير الكبيرة (الشكل ١٥٢ ، أ) على شكل ملفات تنزيل (بطبقة واحدة او بطبقتين) ، ونادرا ما تصنع بوشائع جسيئة من سلك اللف ذى المقطع



الشكل ١٥٢ ـ التنفيذ التصميمى للملفات الطورية للاعضاء الدوارة :
أ ـ عضو دوار مزود بملف وشائعى ، ب ـ قضيب (نصف قطاع) الملف الموجى للعضو الدوار ، جـ ـ التوصيلات الجبهية للملف الموجى للعضو الدوار من جهة حلقات التماس ، د ـ طوق مزود باسفين ، هـ ـ طوق مزود بصفيحة تهوية ، و ـ ملف قضيبى للعضو الدوار ، ز ـ توضع الملف القضيبى للعضو الدوار ؛ ١ ـ بداية احد الاطوار ، ٢ ـ صفيحة تهوية ، ٣ ـ طوق ، ٤ ـ اسفين نحاسى ، ٥ ـ ماسك الملف ، ٦ ـ اجنحة التهوية ، ٧ ـ قضيب توصيل الملف مع حلقات التماس ، ٨ ـ قضيب توصيل ، ٩ ـ قضيب صفرى

المستطيل الشكل . وتوضع ملفات التنزيل فى مجار نصف مغلقة لها شكل شبه منحرف او شكل بيضوى ، اما الملفات ذات الوشائع الجسيئة فتوضع فى مجار مفتوحة يكون عرضها عادة ٥ — ٦ مم .

وتصنع عادة الاعضاء الدوارة الطورية للمحركات ذات القدرة المتوسطة والكبيرة بملفات قضيبية وموجية (العقدية بشكل أندر) ثنائية الطبقات ، توضع فى مجار نصف مغلقة وجدرانها متوازية ويتم ادخال القضبان فى مجارى العضو الدوار من الجانب الطرفى ، لذا فان القسم الجبهى للقضيب يمكن ان يثنى مسبقا فقط من طرف واحد على الشابلونة ، ويثنى من الطرف الثانى بعد وضعه فى المجرى ، أى فى العضو الدوار . ويبين الشكل ١٥٢ ، ب القضيب الذى يدخل فى مجرى العضو الدوار ، وهذا القضيب هو عبارة عن نصف قطاع لملف موجى قضيبى ، ويبين بخط متقطع كيف يثنى القسم الثانى الجبهى لنصف القطاع بعد وضعه فى العضو الدوار . ويستخدم النحاس ذو المقطع المستطيل الشكل او ما يسمى بالنحاس الخاص للعضو الدوار وذو المقطع الخاص ، لتصنيع الملفات القضيبية . وتوصل الاقسام الجبهية للقضبان بعضها مع البعض بمساعدة الاطواق ، كما هو مبين على الشكل ١٥٢ ، جـ ، بحيث يوضع اسفين نحاسى بين القضبان (الشكل ١٥٢ ، د) ، ثم تلحم بالمونة جميع توصيلات القضبان . وتوضع فى بعض الاطواق (خلال ٣ — ٥) صفائح من الفولاذ الصفيحى المبيض ، وذلك لتحسين تهوية المكنة (الشكل ١٥٢ ، هـ) ، حيث انها تقوم بدور ريش التهوية .

يبرز الجزء المستقيم (قبل مكان الثنى) عادة من المجرى بمقدار ١٠ — ٣٠ مم (تبعا لابعاد المكنة والقضبان) ، وتؤخذ المسافة بين الاقسام الجبهية للقضبان المتجاورة بحيث لا تقل عن ٢,٥ عندما تكون الفلطية أقل من ٥٠٠ فولط ، ولا تقل عن ٣,٥ مم عندما تزيد الفلطية على ٥٠٠ فولط .

يوصل ملف العضو الدوار عادة على شكل نجمى ، وتوصل نهايات الاطوار فيما بينها بواسطة القضيب الصفرى ، اما بدايات الاطوار فتوصل كذلك بمساعدة قضبان التوصيل الى ثلاث حلقات التماس . وبالاضافة

الى ذلك توجد قضبان توصيل خاصة لتوصيل اجزاء الملف على التسلسل او على التوازى . وتوضع عادة قضبان التوصيل والقضيب الصفرى من الجانب الداخلى لماسك الملف وتثبت عليه بمشابك (الشكل ١٥٢ ، ج) . ولوصل قضبان الملف مع قضبان التوصيل ، تثنى الاولى منها او تستخدم قضبان توصيل اضافية .

لتجميع المكنة وفكها يكون القسم الجبهى لملف العضو الدوار مثنيا نحو المركز بمقدار ٥ ــ ٦ مم ، كما هو مبين على الشكل ١٥٢ ، ز .

يتعلق عزل القضبان لملف العضو الدوار بالفلطية الكائنة بين حلقات التماس ، فمن اجل الفلطية التى تقل عن ٥٠٠ فولط يستخدم عادة الورق البيكاليتى الذى يلف به القضيب بـ ٥ ــ ١٠ طبقات ، وتوضع فى المجرى علبة العزل المصنوعة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٢ مم ، اما القسم الجبهى فيعزل بشريط مصنوع من التفتا او بشريط مشرب باللك ، او بشريط من القماش . واذا زادت الفلطية عن ٥٠٠ فولط يعزل الملف فى قسمه الموجود فى المجرى بواسطة رقائق مغطاة بالميكا ، اما القسم الجبهى فيعزل بشريط مصنوع من الميكا .

يتعرض الملف الطورى الموضوع فى مجارى العضو الدوار اثناء عمل الآلة ، الى تأثير القوى النابذة ، لذا يجب تثبيته فى المجارى وكذلك فى الاقسام الجبهية ، وغالبا ما تستخدم الاسافين لتثبيت جزء الملف الموجود فى المجارى . ويفضل استخدام الاسافين المصنوعة من التكستوليت او الورق المشرب بالراتنج للعضو الدوار ، وذلك لان الاسافين الخشبية تجف اثناء استثمار المكنة ويضعف تأثيرها .

وتثبت عادة الاقسام الجبهية لملفات الاعضاء الدوارة الطورية فى المكنات ذات القدرة المتوسطة والكبيرة باربطة سلكية تشدها على ماسكات الملف انظر الشكل ١٥١ ، و) ، ويوضع تحت هذه الاربطة عازل سماكته ٠,٥ ــ ١ مم بعرض يزيد ١٠ ــ ١٥ مم عن عرض الرباط . وتحاط الاربطة السلكية فى عدة اماكن بواسطة مشابك من الفولاذ الصفيحى المبيض ، وتلحم بالمونة .

وفى السنوات الاخيرة اخذت تستخدم بشكل اوسع الاربطة المصنوعة من الالياف الزجاجية ، التى تحل محل الاربطة السلكية . ويتم الحصول على الرباط الليفى الزجاجى بلف الشريط الزجاجى المشرب الذى تعادل سماكته ٠,٢ مم وعرضه من ٥ الى ٣٠٠ مم : على التسميكة التى توضع فوق الاقسام الجبهية للملف . ويلف الشريط بتراكب نصفى وبعدة طبقات ، ويثبت طرفه بصهره جزئيا . ومن مميزات الاربطة الليفية الزجاجية نذكر عدم وجود الضياعات الكهروطيسية ، التى تظهر فى الاربطة السلكية الفولاذية وتؤدى الى تسخينها ، وكذلك الضمانة الأكبر وقلة حجم اعمال التحضير والتصنيع .

لا تختلف تقريبا طرق اصلاح ملفات التنزيل للاعضاء الدوارة للمحركات اللاامتزامنة ، فى الواقع العملى ، عن اصلاح ملفات التنزيل فى ملفات الاعضاء الساكنة . ونذكر من بعض الخصائص فى تصنيع ملفات الاعضاء الدوارة ، أنه يلزم توضع الاقسام الجبهية بشكل منتظم قدر الامكان ، وذلك لموازنة الكتل الدوارة للعضو الدوار ، وخاصة لدى المحركات السريعة .

كما ذكر اعلاه ، تعتبر الملفات القضيبية والموجية الثنائية الطبقات هى الملفات الأكثر انتشارا فى الاعضاء الدوارة للمكنات المتوسطة والكبيرة . وفى هذه الملفات المصنوعة من القضبان النحاسية ، لا تتضرر عادة القضبان ذاتها ، وانما تتضرر عوازلها. وغالبا ما يحدث ذلك نتيجة لفرط الاحماء اثناء عمل المكنة، مما يؤدى غالبا الى تضرر عازل المجارى فى العضو الدوار.

وعند اصلاح الاعضاء الدوارة ذات الملفات القضيبية تستخدم القضبان النحاسية للملف المعطوب عادة للمرة الثانية . ولذلك تنزع القضبان من المجارى بحيث يحافظ على كل قضيب ، ويوضع ثانية بعد استعادة العازل فى نفس المجرى الذى كان فيه قبل الفك . ولهذا الغرض نرسم مخططا كروكيا للعضو الدوار ونسجل بعض المعطيات عن العناصر التالية للملف :

— الاربطة : عدد الاربطة وامكنتها وعدد اللفات والطبقات لسلك التربيط ، وقطر سلك التربيط وعدد الاقفال ، وعدد طبقات عازل الاربطة والمادة التى يصنع منها هذا العازل ؛

ـ الاقسام الجبهية للملف : طول البروزات ، اتجاه ثنى القضبان ، خطوات الملف (الامامى والخلفى) ، والانتقالات (الوصلات) ، فى اية مجار تقع بدايات الاطوار ونهاياتها ؛

ـ اقسام الملف الواقعة فى المجارى : ابعاد القضيب (المعزول وغير المعزول) ، طول القضيب فى حدود المجرى والطول الكلى للجزء المستقيم ؛

ـ العوازل : المادة التى تصنع منها وابعادها وعدد طبقات عزل القضبان ، وعلبة المجارى والتساميك الموضوعة فى المجارى وفى الاقسام الجبهية ، واستخدام عملية عزل ماسك الملف والخ ؛

ـ اثقال الموازنة : عددها واماكنها ؛

ـ مخطط الملف : مخطط كروكى لكامل الملف مع ترقيم المجارى والاشارة الى خواصها المميزة .

ويجب تنظيم المخططات اليدوية والسجلات بعناية ، خاصة عند اصلاح المكنات ذات التصميم القديم .

وتنزع القضبان من ملفات الاعضاء الدوارة كما يلى :

ـ تفك اقفال الاربطة وتنزع الاربطة ؛

ـ تسجل وتعلم المجارى التى تقع فيها بدايات الاطوار وتهاياتها وكذلك الوصلات الانتقالية ، طبقا لترقيم المجارى على مخطط الملف ؛

ـ تنزع الاسافين من مجارى العضو الدوا، ؛

ـ يفك لحام الرؤوس ، وتنزع اطواق الوصل وتنظف القضبان والاطواق من آثار لحام المونة ؛

ـ يجرى تقويم الاقسام الجبهية المثنية للطبقة العلوية من جهة حلقات التماس (انظر الشكل ٨٢ ، ز ، ح) ، ونزعها من المجرى ، وعندئذ يسجل ويعلم كل قضيب بحيث يذكر رقم المجرى والطبقة ؛ وتنزع قضبان الطبقة السفلية بنفس الطريقة ؛

ـ تنظف القضبان من العازل القديم وتقوم (تجلس) ، وتزال عنها النتوءات والخدوش ، وتنظف اطرافها بفرشاة معدنية ؛

ـ تنظف مجارى قلب العضو الدوار وماسكات الملف والفلكات

الضاغطة من بقايا العازل ، وتفحص حالة المجارى وتزال النتوءات والخدوش اذا وجدت .

اذا لم يتسن ابعاد العازل عن القضبان المنزوعة من مجارى العضو الدوار بالطريقة الميكانيكية فانها تحرق عندئذ فى افران خاصة بدرجة حرارة ٦٠٠ — ٦٥٠°م دون السماح بزيادة درجة الحرارة اعلى من ٦٥٠°م ، لان ذلك يلحق الاذى بالخواص الكهربائية والميكانيكية لنحاس القضبان بسبب فرط الاحماء . ويمكن كذلك ازالة العازل عن القضبان بطريقة كيميائية بتغطيسها لمدة ٣٠ — ٤٠ دقيقة فى حوض يحوى على محلول حمض الكبريت بتركيز ٦٪ . ويستحسن غسل القضبان المنزوعة من الحوض فى محلول قلوى وفى الماء ، وبعد ذلك تمسح بخرقة وتجفف . وتبيض اطراف القضبان بالمونة .

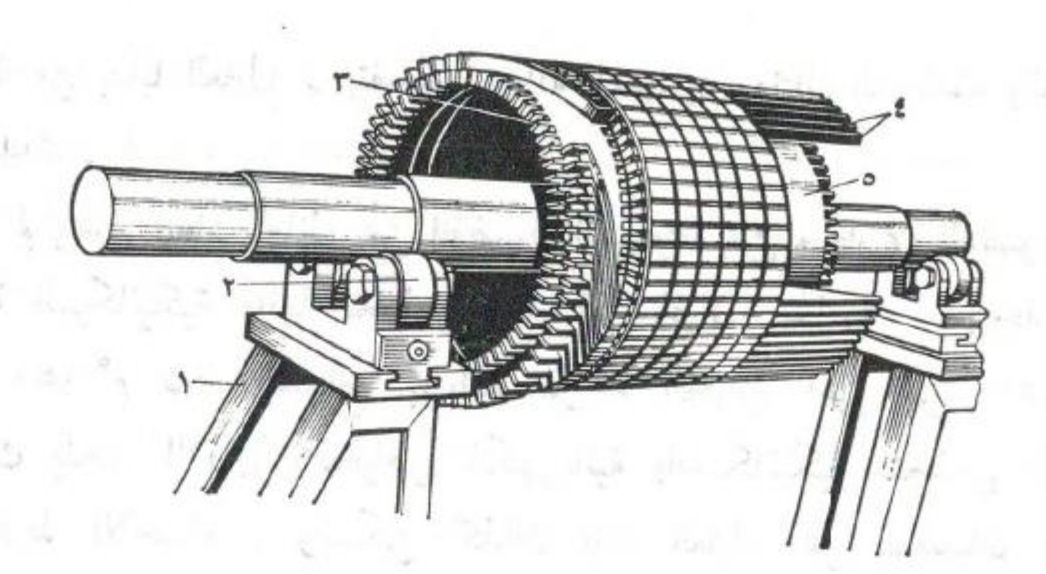
يجرى عزل القضبان التى تم تخليصها من العازل القديم وتجليسها بحيث تستخدم المواد العازلة بنفس الابعاد والمواصفات ، التى استخدمها المصنع. وبعد ذلك تشرب عوازل القضبان باللك ، ثم تجفف وتحمى العوازل الجديدة للقضبان تبعا للطريقة المطلوبة للك (فى الفرن أو فى الهواء الطليق) .

ويستعاد كذلك عازل المجارى ، بوضع التساميك والعلب (عادة من الكرتون الكهربائى بسماكة ٠,٣ مم) على قعر المجارى بحيث تبرز بانتظام من طرفى القلب للعضو الدوار .

وبعد انتهاء الاعمال التحضيرية يبدأ تجميع الملف (الشكل ١٥٣) .

ينحصر تجميع الملف القضيبى للعضو الدوار فى الاعمال الاساسية التالية : وضع القضبان فى مجارى قلب العضو الدوار ؛ وثنى الاقسام الجبهية للقضبان ؛ وتوصيل قضبان الصفين العلوى والسفلى بلحام المونة او اللحام العادى .

ترد القضبان لوضعها فى المجارى وهى مثنية من طرف جبهى واحد ، وتثنى الاطراف الثانية لهذه القضبان بمفاتيح خاصة بعد ان توضع فى المجارى . فتوضع فى البداية ضمن المجارى قضبان الصف السفلى بادخالها الى المجارى من الجانب المقابل لحلقات التماس . وبعد وضع كامل الصف السفلى من



الشكل ١٥٣ — عضو دوار طورى لمحرك كهربائى لامتزامن اثناء عملية تجميع الملف القضيبى :
١ — دعامة تجهيزة التدوير ، ٢ — دحروج ، ٣ — الصف السفلى للقضبان ، ٤ — الصف العلوى للقضبان ، ٥ — عازل بين الصفين العلوى والسفلى للقضبان

القضبان تنزل الاقسام المستقيمة منها على قعر المجارى ، اما الاقسام الجبهية المثنية فتنزل على الماسك المعزول للملف . ثم تشد اطراف الاقسام الجبهية المثنية بشكل متين بواسطة رباط مؤقت من السلك الفولاذى الطرى ، بحيث تشدها باحكام على ماسك الملف . ويلف الرباط السلكى المؤقت الثانى وسط الاقسام الجبهية اثناء اجراء العمليات اللاحقة لثنيها .

بعد تثبيت القضبان باربطة مؤقتة يبدأ بثنى الاقسام الجبهية ، وتثنى القضبان بمساعدة مفتاحين خاصين (انظر الشكل ٨٢ ، ز ، ح) اولا حسب الخطوة وثانيا حسب نصف القطر لتأمين البروز المحورى المطلوب والالتصاق المحكم على ماسك الملف .

ويجرى ثنى القضبان على الطريقة التالية :

— يؤخذ المفتاح العلوى باليد اليسرى وتلبس فتحته على القسم المستقيم للقضيب والبارز من مجرى القلب ؛

يمسك المفتاح السفلى باليد اليمنى وتلبس فتحته على القسم الجبهى للقضيب ، ويقرب المفتاحان احدهما من الآخر ، ومن ثم يثنى القضيب بزاوية معينة بواسطة المفتاح السفلى .

لا يمكن ثنى القضبان الاولى فورا بالزاوية المطلوبة حسب المخطط ، لأن الاقسام المستقيمة للقضبان المجاورة لا تسمح بذلك ، لذا نستطيع

ثنى القضيب الاول بمقدار المسافة الكائنة بين القضبان فقط ، وثنى القضيب الثانى بمقدار ضعف المسافة ، وثنى القضيب الثالث بثلاثة اضعاف المسافة ، وهكذا دواليك حتى يتم ثنى القضبان التى تشغل ٢ — ٣ خطوات للملف ، وبعد ذلك يصبح بالامكان ثنى القضيب بالزاوية المطلوبة . وآخر ما تثنى هى تلك القضبان التى بدأ الثنى منها .

وتثنى كذلك اطراف القضبان ، بمساعدة مفاتيح خاصة ، حيث تلبس عليها اطواق الوصل ، وبعدئذ تنزع الاربطة المؤقتة ، وتوضع العوازل بين الطبقات على الاقسام الجبهية ، اما فى المجارى فتوضع التساميك العازلة بين قضبان الطبقتين العلوية والسفلية .

وبعد وضع قضبان الصف السفلى ننتقل الى وضع قضبان الصف العلوى للملف ، ويتم ادخال قضبان الصف العلوى من الجانب المقابل لحلقات التماس للعضو الدوار . وبعد ادخال جميع قضبان الصف العلوى توضع على القضبان اربطة مؤقتة ، وتوصل اطرافها بسلك نحاسى لفحص حالة عازل الملف (عدم وجود قصر الدائرة مع الهيكل) .

اذا كانت نتائج اختبار العوازل مقبوله ، يستمر تجميع الملف وتثنى اطراف القضبان العلوية باستخدام نفس الطرق المماثلة لطرق ثنى قضبان الطبقة السفلية ، مع فرق واحد فقط هو ان القضبان تثنى الآن فى الجهة المعاكسة . وتثبت كذلك الاقسام الجبهية المثنية للقضبان العلوية برباطين مؤقتين .

وبعد ادخال قضبان الصفين السفلى والعلوى بجفف ملف العضو الدوار بدرجة ٨٠ — ١٠٠°م فى الفرن او فى خزانة التجفيف ، اللذان يجب ان يحتويا على التهوية .

يتعرض الملف المجفف الى الاختبار بوصل احد الالكترودات من محول الاختبار عالى الفلطية الى اى قضيب من قضبان العضو الدوار ، ووصل الالكترود الآخر مع سن القلب بعد تنظيفه حتى اللمعان او مع عمود العضو الدوار . وبما ان قضبان ملف العضو الدوار متصلة مع بعضها كهربائيا ، يتم فحص عوازل جميع القضبان بآن واحد .

ويعتبر توصيل القضبان وادخال الاسافين الى المجارى وتربيط الملف ، هى العمليات النهائية لتصنيع الملف الجديد للعضو الدوار للمكنة الجارى اصلاحها .

ويتم توصيل القضبان غالبا بلحام المونة بمساعدة اطواق مفضضة ، تلبس على اطراف القضبان . تصنع الاطواق من رقائق النحاس أو من انبوبة نحاسية رقيقة الجدران . وتستخدم كذلك أطواق تقفل ذاتيا ، تصنع من رقائق نحاسية سماكتها ١ — ١,٥ مم . ويكون احد طرفى الطوق الذى يقفل ذاتيا ذا بروز تشكيلى ، اما الطرف الآخر فيحتوى على حفرة مطابقة لهذا البروز ، وعند ثنى الطوق يدخل البروز فى الحفرة ويشكل قفلا يمنع الطوق من التقويم الذاتى .

تركب الاطواق على اطراف القضبان وفق المخطط ويدخل اسفين تماس نحاسى واحد بين كل طوقين بواسطة الطرف ، ومن ثم يلحم مكان الوصل بكاو ، او بتغطيس اطراف قضبان الملف المجمع للعضو الدوار فى حوض يحتوى على المونة المصهورة ، وتقوم هذه الاسافين النحاسية باحداث تماس مضمون بين اطراف القضبان ، وذلك لان طبقات القضبان مفصولة بعوازل ، مما يجعل اطرافها لا تتلامس بشكل محكم مع بعضها البعض .

يستخدم احيانا توصيل القضبان بواسطة اللحام العادى بقصد رفع ضمانية عمل المكنات وتوفير المونة الغالية الثمن المصنوعة من الرصاص والقصدير ، غير ان لهذه الطريقة عدة نواقص ، وعلى وجه الخصوص تنخفض صلاحية المكنة لاعادة اصلاحها ، لان فك القضبان الموصولة باللحام العادى يتطلب جهودا كبيرة وتنظيفها من آثار اللحام .

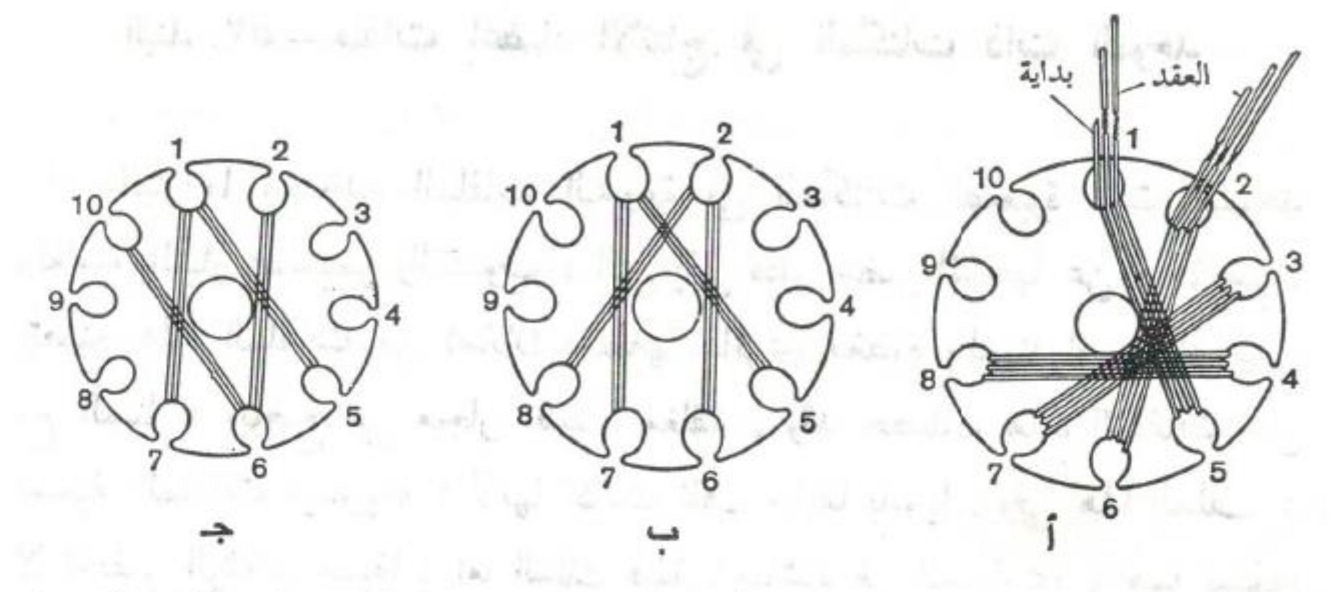
توصل ملفات الاعضاء الدوارة الطورية للمحركات اللاامتزامنة ، على الاغلب بشكل نجمى ، بحيث توصل معا ثلاثة اطراف حرة للقضبان من اصل ستة ، اما الاطراف الثلاثة الباقية فتوصل مع حلقات التماس فى العضو الدوار .

وبعد الانتهاء من تجميع قضبان الملف ولحامها يبدأ بتربيط العضو الدوار .

البند ٥٢ ــ ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد

غالبا ما تستخدم الملفات اليدوية فى المكنات الصغيرة ذات الموحد العاملة بالتيار المستمر والمتناوب ، التى يقل قطر عضو انتاجها عن ١٠٠ مم . وتصنع هذه الملفات من اسلاك مقطعها دائرى مغطاة بالمينا او بعازل ليفى مع المينا ، وتوضع فى مجار نصف مغلقة . وقد حصلت هذه الملفات على تسمية «الملفات اليدوية» ، لانها كانت تلف سابقا يدويا . وفى هذا الملف ، لا تحضر الوشائع مسبقا ، اما السلك فيلف مباشرة فى المجارى ، مما يسمح بانقاص طول اللفات ومقدار بروز الاقسام الجبهية ، وبالتالى ينخفض استهلاك سلك اللف . وتستقر الاقسام الجبهية للملف اليدوى باحكام على طرف قلب عضو الانتاج ، وتدور حول العمود ، لذا توضع على طرفى القلب صفائح عازلة مصنوعة بطريقة الكبس من التكستوليت او الفيبر او الكرتون الكهربائى بسماكة ١ ــ ٢ مم ، اما العمود فيعزل فى الجزء الكائن تحت الاقسام الجبهية، بشريط او جلبة عازلة (انبوبة). وتوضع علب المجارى العازلة قبل بدء اللف ، فى مجارى قلب عضو الانتاج ، بحيث تبرز من المجارى بمقدار عدة مليمترات (تبعا لابعاد عضو الانتاج) . وتنفذ عملية اللف بشد السلك مع السعى لعدم التصالب فى المجارى . وفى الملفات اليدوية توضع الوشائع الاولى على قعر المجرى ، ويلف عضو الانتاج بعد ترك عقد المآخذ لوصلها مع الموحد ، بحيث نخرج العقد من كل مجرى حسب عدد القطاعات .

يبين الشكل ١٤٥ ، أ احد اساليب تنزيل الملف اليدوى لعضو الانتاج فى المكنة ذات الموحد ، الذى يتمتع بالمعطيات التالية : عدد المجارى $z = 10$، عدد القطاعات فى المجرى $u_{\text{n}} = 3$ ، عدد اللفات فى القطاع $w_{\text{c}} = 37$ ، الخطوة بالمجارى $y_{\text{z}} = 4$ ، الخطوة بالموحد $y_{\text{k}} = 1$ ، عدد صفائح الموحد $K = 30$ ، عدد الاسلاك فى المجرى ٢٢٢ . وينفذ اللف حسب التسلسل التالى : تلف اولاً ٣٧ لفة من القطاع الاول من المجرى ١ الى المجرى ٥ ، ومن ثم يتم اخراج العقدة الاولى بطول حوالى ٤٠ مم



الشكل ١٥٤ – طرق تنزيل الملفات اليدوية لاعضاء الانتاج فى المكنات ذات القدرة الصغيرة: أ – اللف بسلك متواصل ، ب – اللف على هيئة «شجرة الارز» ؛ جـ – اللف بطريقة الوتر المزدوج

من المجرى ١ ، وفى نفس المجارى المذكورة يلف القطاع الثانى ، وبعد ذلك يتم اخراج العقدة الثانية من المجرى ١ بشكل اطول من العقدة الاولى بمقدار ١٠ – ١٥ مم . وبعدئذ يلف القطاع الثالث فى نفس المجريين ١ و ٥ ، ويتم اخراج العقدة الثالثة من المجرى ١ بحيث يزيد طولها ١٠ – ١٥ مم عن العقدة الثانية .

ومن ثم يتم تحويل السلك الى المجرى ٢ دون قطعه عن بكرة ملف الاسلاك ، وتلف ثلاثة قطاعات بنفس الطريقة المذكورة تماما فى المجريين ٢ و ٦ بلف ٣٧ لفة فى كل قطاع وباخراج ثلاث عقد مشابهة من المجرى ٢ ، اولا بطول ٤٠ مم ومن ثم عقدة اطول بمقدار ١٠ – ١٥ مم ، وأخيرا العقدة الثالثة اطول بمقدار ١٠ – ١٥ مم .

وبطريقة مماثلة تلف قطاعات على المجارى ٣ – ٧ و ٤ – ٨ ، وتكون المجارى آنئذ مملوءة حتى النصف . وستلف القطاعات اللاحقة من المجرى ٥ الى المجرى ٩ ، غير أن المجرى ٥ مملوء حتى النصف بالقطاعات الثلاثة الاولى . وبالتالى ، عندما سينتهى لف القطاعات الثلاثة من المجرى ٥ الى المجرى ٩ ، فان المجرى ٥ سيمتلئ بالكامل وستخرج منه كذلك ثلاث عقد مختلفة الطول .

ومن ثم يجرى اللف من المجرى ٦ الى المجرى ١٠ ومن المجرى ٧ الى المجرى ١ ، وبعدئذ ستمتلئ المجارى ٦ و ٧ و ١ بكاملها . ويمتلئ اخيرا المجريان ١٠ ، و ٤ ، ويخرج من القطاع الاخير للمجرى ١٠ الطرف الذى يجب وصله مع بداية الملف التى تخرج من المجرى ١ . وهكذا ، فان كل ملف عضو الانتاج يلف بسلك متواصل .

ثم توصل العقد ، التى تكون عبارة عن نهاية قطاع ما وبداية القطاع التالى ، مع صفائح التوحيد حسب تسلسل معين : العقدة القصيرة ثم المتوسطة ، ثم الطويلة من المجرى ١ ، ومن ثم العقدة القصيرة والمتوسطة والطويلة من المجرى ٢ ، وهكذا دواليك .

ومن نواقص الطريقة المذكورة اعلاه للف الملف يعتبر عدم تناظر الاقسام الجبهية ، مما يؤدى الى عدم الموازنة لعضو الانتاج بشكل كبير ، وهذا شيء غير مرغوب فيه فى المكنات السريعة . ومن الصعب موازنة عضو الانتاج بأثقال اضافية ، وذلك لان المكان ضيق على عضو الانتاج الصغير ، ولا يتسع للأثقال الموازنة .

ويمكن تقليل هذا النقص باستخدام اللف اليدوى على الطريقة المبينة على الشكل ١٥٤ ، ب من اجل الملف الذى يتمتع بالمعطيات التالية : $z=10$ ؛ $u_n=1$ ؛ $w_c=10$ ؛ $y_z=4$ ؛ $y_k=1$ ؛ $K=10$. ويبدأ اللف من المجرى ١ ، حيث يلف فى البداية نصف القطاع اى خمس لفات فى المجارى ١ ــ ٥ ، ومن ثم يلف النصف الثانى للقطاع (ايضا خمس لفات) فى المجارى ١ ــ ٧ (اى بنفس الخطوة $y_z=4$) . وبعد لف القطاع الاول يمتلىء المجرى ١ الى النصف ، اما المجريان ٥ و ٧ فيمتلىء كل منهما حتى ربعه . وفيما بعد ننتقل الى المجرى ٢ ومنه نلف خمس لفات فى المجرى ٦ وخمس لفات فى المجرى ٨ . ونتابع اللف بنفس الطريقة، غير ان هذه الطريقة لا تسمح باستخدام سلك متواصل ، وذلك لان القطاعات الملفوفة المتتالية لا تأتى احدها بعد الاخر حسب المخطط ، ونضطر الى قص السلك وتعليم نهايتى كل قطاع بعد لفه ، وذلك لكى نوصلها مع الموحد بشكل صحيح .

ويبين الشكل ١٥٤ ، ج طريقة اخرى لتنفيذ الملف اليدوى لعضو الانتاج هى طريقة اللف بالوترين ، ويتمتع الملف بنفس المعطيات كما فى الحالة السابقة . ويتم اللف بوترين يقعان بشكل متناظر بالنسبة للعمود ، وهكذا تلف أولا خمس لفات فى المجارى ١ — ٥ ومن ثم ينتقل اللف الى المجارى ١٠ — ٦ ، ويلف الوتران اللاحقان فى المجارى ١ — ٧ و ٢ — ٦ ، ثم نتابع ازاحة الوترين حسب عقارب الساعة ونحيط كل مرة بزوجين من المجارى . وفى طريقة اللف بالوترين ، يقص السلك بعد لف كل قطاع ، وتعلم مآخذ القطاعات لكى يصبح بالامكان توصيلها مع صفائح التوحيد حسب التسلسل اللازم . وبالاضافة الى ذلك ، فان طريقة اللف هذه تسمح بتركيب الأقسام الجبهية للملف بشكل متناظر .

كما هو معروف ، فان خط الحياد الهندسى لا ينطبق مع الخط الفيزيائى لحد كبير ، بسبب رد فعل عضو الانتاج فى المكنات الحاوية على موحد والتى لا تحتوى على اقطاب اضافية . لذا ، ففى مثل هذه المكنات ، اذا احتوت على عوارض دوارة للفراشى وحواملها ، تزاح الفراشى فى المحركات بزاوية ما عن الخط الحيادى الهندسى باتجاه معاكس لدوران عضو الانتاج ، وتزاح الفراشى فى المولدات باتجاه ينطبق مع اتجاه الدوران . ولا تحتوى محركات صغيرة كثيرة ذات الموحد على عوارض دوارة ، لذا نضطر فى هذه المحركات الى الازاحة المسبقة للموحد بالنسبة للملف باتجاه دوران عضو الانتاج . وتعادل ازاحة صفائح الموحد عادة ١ — ٢ تقسيمة من تقسيمات الموحد .

تثبت الملفات اليدوية فى المجارى باسافين مصنوعة من التكستوليت أو الورق المشرب بالراتنج ، أما مآخذ الملف الذاهبة الى الموحد فتثبت باربطة من خيط القنب المشرب.

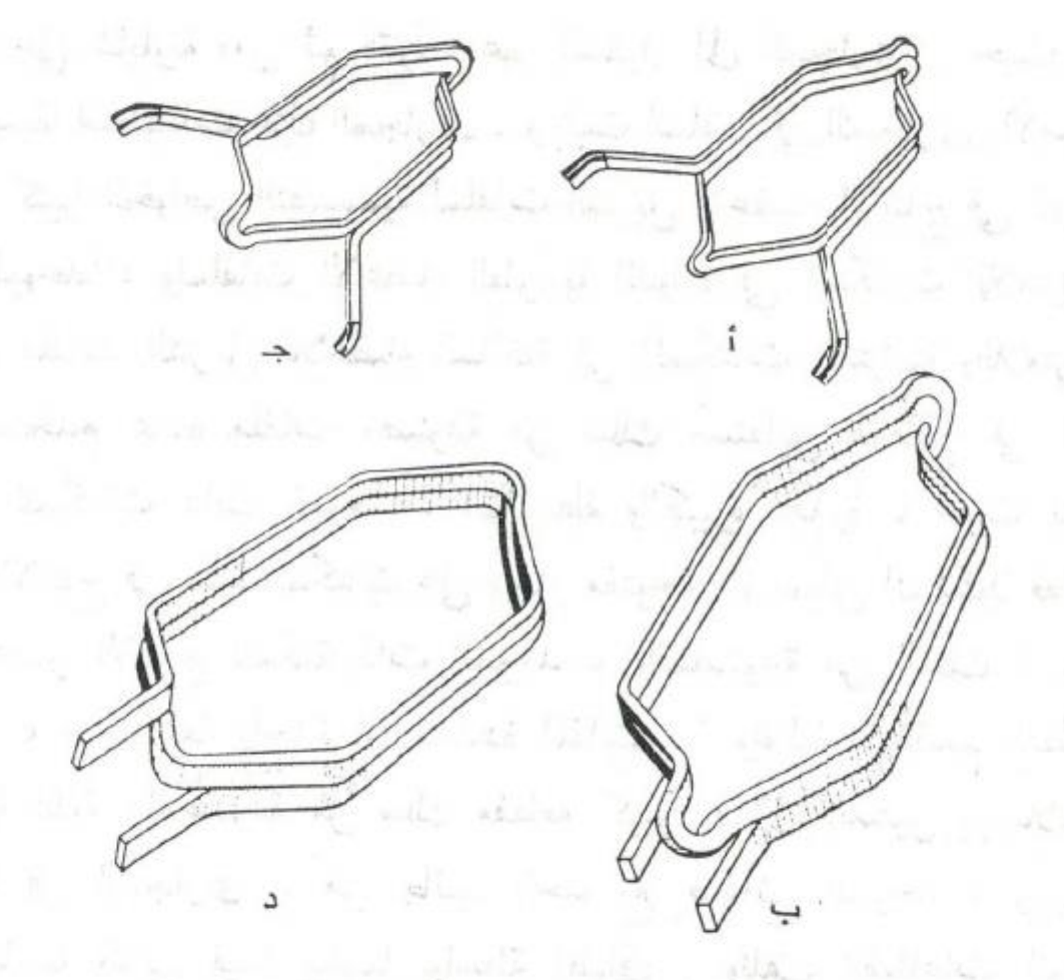
وغالبا ما تستخدم ملفات التنزيل فى المكنات الصغيرة ذات الموحد ، التى يكون فيها قطر عضو الانتاج اقل من ٢٠٠ مم . وتحتوى قلوب اعضاء الانتاج هذه عادة على مجار نصف مغلقة على شكل الكمثرى (الاجاصة) ، وينفذ الملف من السلك المعزول الدائرى المقطع . وتصنع القطاعات الطرية

للملف على شابلونة ومن ثم «تنزل» عبر الشقوق الى المجارى . حيث توضع هناك مسبقا اسطوانات عزل المجارى ، ويثبت الملف فى المجارى بالاسافين . وتتشابه كثيرا الخواص التصميمية لملفات التنزيل لاعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد ، ولملفات الاعضاء الطورية الدوارة فى المكنات اللاامتزامنة ، وكذلك ملفات التنزيل للاعضاء الساكنة فى المكنات المتزامنة واللاامتزامنة .

وتستخدم عادة ملفات مصنوعة من سلك مستطيل المقطع فى اعضاء الانتاج للمكنات ذات الموحد ، المتوسطة والكبيرة القدرة ، حيث تحتوى اعضاء الانتاج فى هذه المكنات على مجار مفتوحة . ويمكن ان تكون قطاعات ملف عضو الانتاج للمكنة ذات الموحد ، والمصنوعة من السلك المستطيل المقطع ، ذات لفة واحدة او متعددة اللفات . وغالبا ما تقسم القطاعات الاحادية اللفة والمصنوعة من سلك مقطعه كبير ، الى نصفين يوصلان بعد وضعهما فى المجارى ، من جانب واحد مع صفائح الموحد ، ويوصلان من الجانب الثانى فيما بينهما بواسطة اطواق . وتلف القطاعات المتعددة اللفات والمصنوعة من سلك جسىء مستطيل المقطع ، وتثنى على الشابلونة . وتكون ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات الحديثة ذات طبقتين ، لذا يقع احد جانبى القطاع فى الطبقة العلوية للمجرى ، اما الجانب الآخر فيقع فى الطبقة السفلية . وينفذ الانتقال من طبقة الى اخرى أى الثنى الموافق للأسلاك ، فى رؤوس القطاعات ، التى تكون بسيطة أو متصالبة (الشكل ١٥٥).

تصنع عادة وشيعة الملف المتألفة من عدة قطاعات على الشابلونة فورا ، ومن ثم تعزل الوشيعة وتوضع فى شكلها الجاهز ضمن المجارى . وتتوضع عادة ، الاسلاك المستطيلة فى مجارى اعضاء الانتاج للمكنات العاملة بالتيار المستمر ، بحيث يكون جانبها العريض ينطبق مع ارتفاع المجرى .

غالبا ما تثبت الملفات المصنوعة من الاسلاك المستطيلة ، والموضوعة فى المجارى المفتوحة لاعضاء الانتاج ، بواسطة الأسافين ، ويثبت احيانا قسم الملف الموجود فى المجارى بمساعدة الاربطة اما الاقسام الجبهية للملفات فتثبت بالاربطة أيضا .



الشكل ١٥٥ – وشائع ملف عضو الانتاج من السلك المستطيل المقطع :
أ – للمنن الموجى ذى الرأس البسيط ، ب – للملف العقدى ذى الرأس البسيط ، جـ – للملف الموجى ذى الرأس المتصالب ، د – للملف العقدى ذى الرأس المتصالب

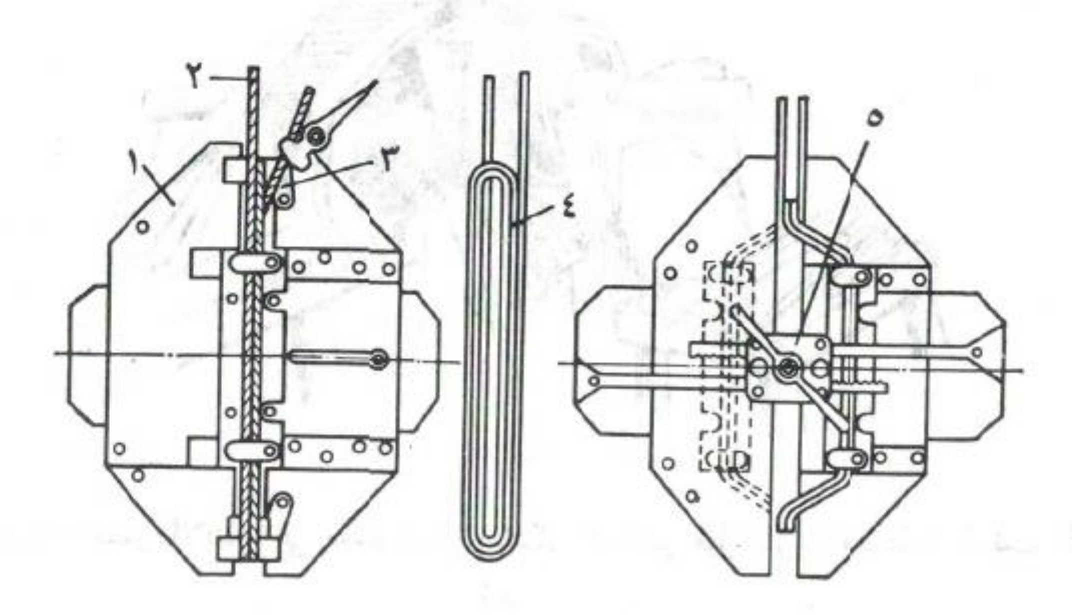
وفى البند ٥٠ ترد بعض الخصائص التصميمية للملفات ، التى تصنع من الاسلاك المستطيلة .

والاعطال الاساسية التى تطرأ على ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد ، هى تضرر العوازل الكائنة بين اللفات والقطاعات ، واماكن لحام المونة ، وخرق العازل مع الهيكل او الرباط . وعند تحضير عضو الانتاج للاصلاح مع تبديل الملف ، ينظف من الاوساخ وتنزع عنه الاربطة القديمة ، وبعد فك لحام مآخذ القطاعات عن صفائح التوحيد ، ينزع الملف القديم بعد ان تسجل جميع المعطيات اللازمة للاصلاح .

وغالبا ما يصعب نزع الملفات من المجارى فى اعضاء الانتاج الحاوية على ملفات تنزيل مشربة ، أو الحاوية على ملفات معزولة بالميكانيت . واذا لم يتسن نزع القطاعات فيسخن عضو الانتاج فى الفرن او خزانة التجفيف

حتى درجة ٨٠ – ١٠٠°م مع الحفاظ على هذه الدرجة لمدة ٤٠ – ٦٠ دقيقة ، وبعد ذلك تنزع القطاعات من المجارى . ولكى تنزع القطاعات الجسيئة من المجارى المفتوحة والنصف مفتوحة يستخدم اسفين رفيع مجلوخ ، يدق بين القطاعين العلوى والسفلى لرفع القطاعات العلوية ، اما لرفع القطاعات السفلية فيدق هذا الاسفين بين القطاعات السفلية وقعر المجرى . وتنظف بعد ذلك ، المجارى التى نزعت منها ملفات عضو الانتاج ، من بقايا العازل القديم وتعالج بالمبارد أو القوالب الفولاذية ، ومن ثم تطلى باللك.

كما ذكر اعلاه ، تستخدم الملفات اليدوية وملفات التنزيل فى اعضاء الانتاج للمكنات الصغيرة القدرة وذات الموحد ، اما فى المكنات العاملة بالتيار المستمر وذات الابعاد المتوسطة ، والعاملة بفلطية تصل حتى ٥٠٠ فولط فتستخدم بشكل واسع الملفات الشابلونية لاعضاء الانتاج ، وهى تصنع من اسلاك مقطعها مستطيل الشكل . وتستخدم لهذه الملفات ، اسلاك اللف المعزولة ، وكذلك القضبان النحاسية المعزولة بالنسيج المشرب باللك وبالنسيج الزجاجى المشرب باللك ، وبشريط الميكا او بشريط الميكا الزجاجى . وتلف قطاعات الملف الشابلونى على شابلونات شاملة الاغراض (الشكل ١٥٦) تسمح باجراء اللف ومن ثم شد القطاعات غير الكبيرة ، دون نزعها عن الشابلونة . ويتم شد القطاعات لاعضاء الانتاج فى المكنات الضخمة على

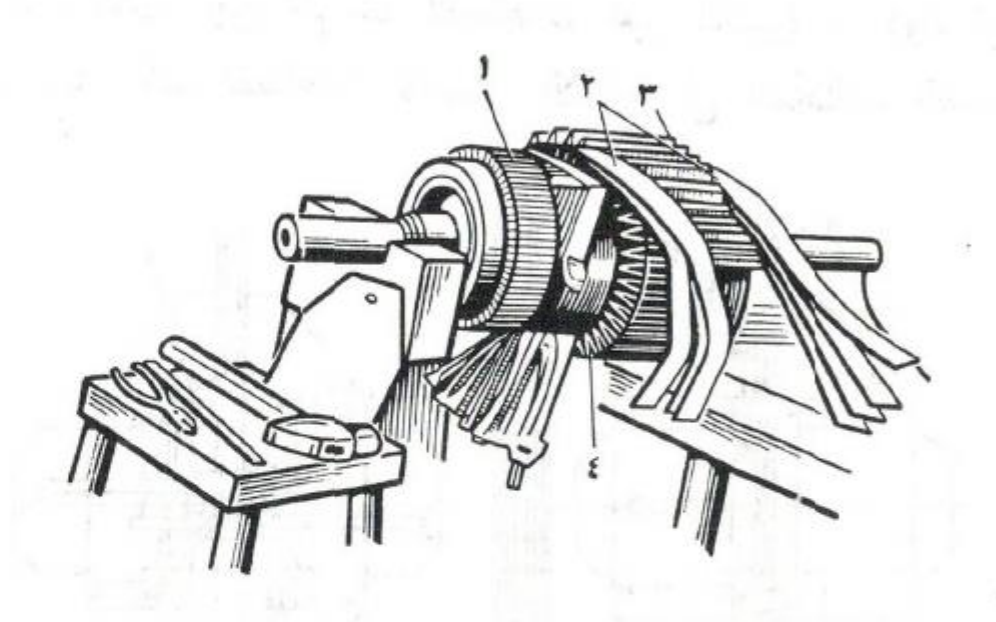


الشكل ١٥٦ – شابلونة عمومية لشد القطاعات فى ملفات اعضاء الانتاج :
١ – الجوانب ، ٢ – سلك القطاع ، ٣ – قوس ، ٤ – قطاع ، ٥ – نبيطة الشد

مكنات خاصة مزودة بجهاز تحريك ميكانيكى . ولا توجد مثل هذه المكنات عادة فى مؤسسات الاصلاح التى تطلب عادة قطاعات (وشائع) الملفات لاعضاء الانتاج فى المكنات الكبيرة ذات الموحد ، من المصانع التى صنعت تلك المكنات ، بينما تقوم مؤسسات الاصلاح بتبديل الاقسام المعطوبة للملف بوشائع جديدة فقط .

ويثبت قطاع الملف الشابلونى قبل شده عن طريق لفه مؤقتا بشريط من الكيبر بطبقة واحدة ، مما يضمن صحة تشكيل القطاع اثناء الشد . وبعد تشكيل القطاع يعزل يدويا او على مكنات عزل خاصة (انظر الشكل ٨٥) ، بحيث يستخدم غالبا شريط العزل القطنى . ويشرب القطاع المعزول باللك ويجفف ، وبعد ذلك يوضع فى مجارى قلب عضو الانتاج ، ويثبت فيها باسافين خشبية .

يبين الشكل ١٥٧ عضو الانتاج فى مكنة ذات موحد ، بعد أن تم تحضيره لادخال قطاعات الملف الى مجاريه . وعند وضع القطاع الشابلونى داخل المجرى يجب مراعاة استقرارها فيه بشكل صحيح ، ويجب ان يكون طول نهايات مآخذ القطاعات المتجهة نحو الموحد ، مساويا للمسافة



الشكل ١٥٧ — عضو الانتاج فى مكنة تعمل بالتيار المستمر قبل تنزيل قطاعات الملف الشابلونى فيه :

١ — موحد ، ٢ — عازل بين القطاعات من شرائح الكرتون الكهربائى ، ٣ — قلب ، ٤ — عازل بين المجارى (علبة)

الكائنة بين طرف فولاذ القلب وبين انتقال القسم المستقيم (الموجود فى المجارى) الى القسم الجبهى .

وبعد تنزيل جميع القطاعات ، تفحص عادة بلمبة اختبار صحة اخراج الاسلاك من المجارى ، ومن ثم توصل الاسلاك مع صفائح التوحيد بواسطة لحام المونة مع استخدام مونة من الرصاص والقصدير .

تعتبر عملية وصل أطراف القطاعات لملف عضو الانتاج بواسطة لحام المونة ، احدى أهم العمليات ، لان اللحام السىء يستدعى ازدياد ظهور الشرر على الموحد ، وزيادة المقاومة وفرط الاحماء فى قسم الوصل ، مما قد يؤدى الى تعطل المكنة .

ولانجاز عملية لحام المونة يوضع عضو الانتاج مع الموحد على قاعدة فى الوضع المائل ، حتى تستثنى امكانية سيلان المونة عند اللحام الى ما بين صفائح الموحد ، وكذلك يحمى ملف عضو الانتاج بعدة طبقات من نسيج الاسبستوس . وبعد ذلك يتم ادخال الاطراف المنظفة لأسلاك الملف ضمن شقوق رؤوس صفائح الموحد ، وترش بمسحوق القلفونية ، ويسخن الموحد حتى ١٨٠ – ٢٠٠°م ، وبعد صهر سيخ المونة بالكاوى تلحم اسلاك الملف مع صفائح الموحد .

وتفحص نوعية اللحام بالكشف الخارجى لمكان اللحام، وبقياس المقاومة الانتقالية بين الازواج المتجاورة لصفائح الموحد ، عن طريق تمرير تيار عامل اعتيادى فى ملف عضو الانتاج . ويجب عدم وجود نقط متجمدة من المونة على سطح صفائح الموحد وبينها، كما ان المقاومة الانتقالية بين جميع الازواج المتجاورة لصفائح الموحد يجب ان تكون متشابهة بينما يدل الازدياد المفاجىء للمقاومة الانتقالية فى زوج ما من الصفائح على سوء اللحام فى هذه المنطقة ، وعند تمرير التيار العامل الاعتيادى عبر ملف عضو الانتاج لمدة ٢٠ – ٣٠ دقيقة، يجب ألا تتسخن اماكن اللحام الى درجة مفرطة .

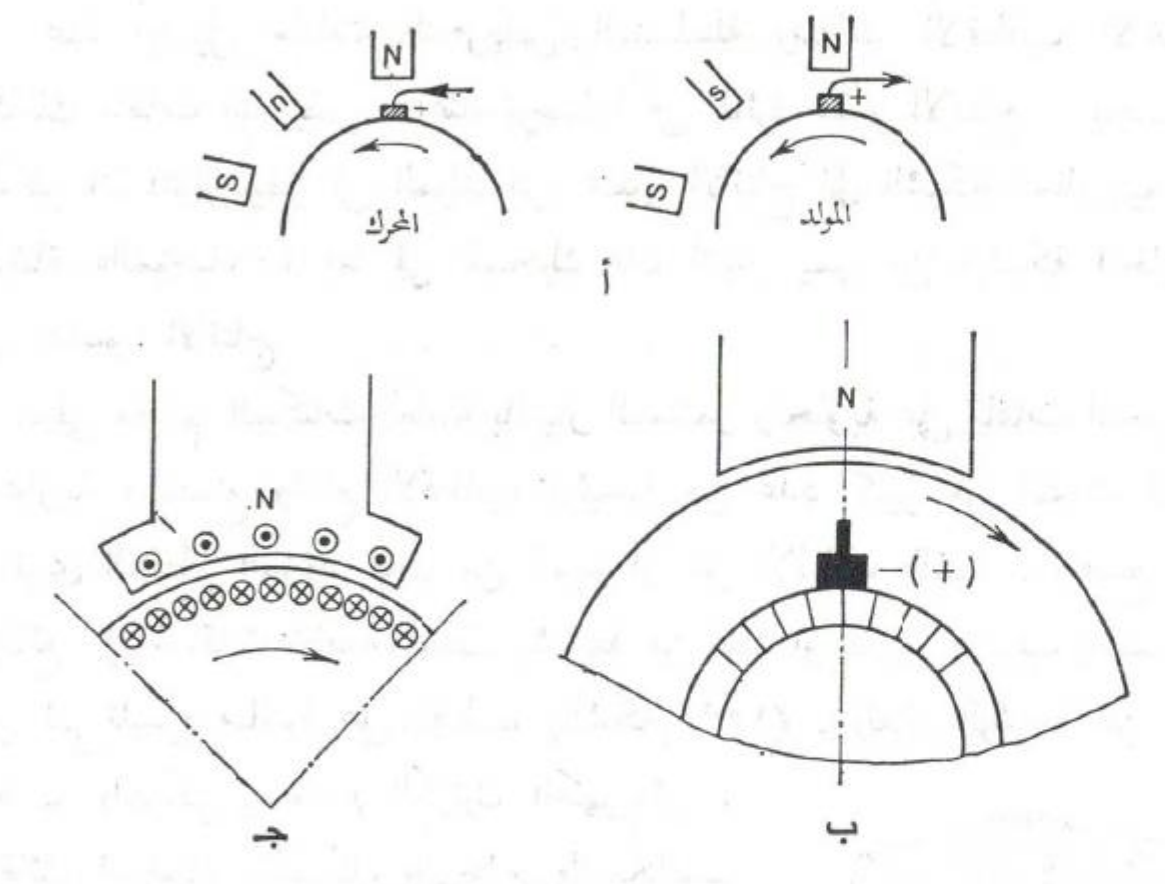
البند ٥٣ — الوشائع القطبية

تصنع عادة ملفات التحريض فى المكنات المتزامنة وذات الموحد ، وكذلك ملفات الاقطاب الاضافية فى المكنات العاملة بالتيار المستمر ، على هيئة وشائع قطبية . وتوضع الوشائع القطبية كقاعدة ، فى المكنات ذات الموحد ، على العضو الساكن وتكون غير متحركة ، اما فى المكنات المتزامنة فهى توضع عادة على العضو الدوار وتدور معه .

يجب تشغيل الوشائع القطبية لملفات التحريض بحيث تكون قطبية الاقطاب متناوبة ، ويتم التوصل الى ذلك اما على حساب الاتجاه المختلف للف وشائع الاقطاب المتجاورة، او على حساب الاتجاه المختلف للتيارات المارة فيها . وفى الواقع العملى تلف جميع الوشائع القطبية للمكنة عادة فى نفس الاتجاه ، لانه ليس من المستحسن فى المصنع تغيير اتجاه دوران مكنات اللف ، لذا يتم تناوب القطبية على حساب الاتجاه المختلف للتيار فى الوشيعتين المتجاورتين . ولهذا الغرض ، عند الوصل المتسلسل للوشائع القطبية فيما بينها ، توصل نهاية وشيعة ما مع نهاية الوشيعة المجاورة ، اما بدايتها فتوصل مع بداية الوشيعة اللاحقة وهكذا . ويرمز لبدايات الوشائع القطبية ونهاياتها بالحرفين K (Q) و H (N) المكتوبين بدهان أحمر. وبالاضافة الى ذلك ، تبين على الوشيعة الجهة التى يجب أن تستقر على هيكل المكنة ، وذلك لانه اذا قلبنا الوشيعة فان قطبيتها تتغير .

وتحتوى المكنات العاملة بالتيار المستمر والتى تزيد قدرتها على كيلوواط واحد على اقطاب اضافبة ايضا ، بالاضافة الى اقطابها الأساسية ويكون هنا تناوب القطبية للاقطاب الاساسية والاضافية كما يلى : لدى المحركات يأتى القطب الاضافى خلف القطب الأساسى من نفس القطبية اذا تابعنا الحركة باتجاه دوران عضو الانتاج ، اما لدى المولدات فيأتى القطب الاضافى من القطبية العكسية (الشكل ١٥٨ ، أ) .

ويمكن تحديد قطبية الفراشى فى المكنات العاملة بالتيار المستمر حسب الطريقة التالى شرحها . يجب ان نتذكر انه لدى المحركات والمولدات



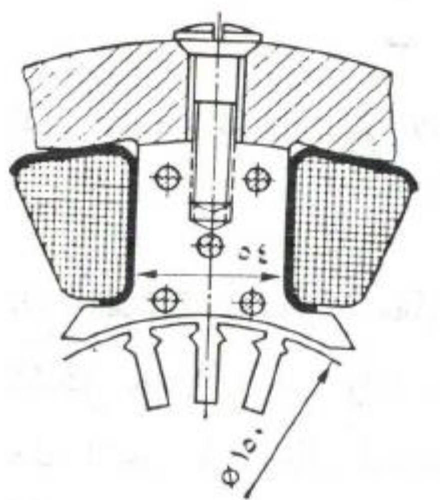
الشكل ١٥٨ – تحديد تتابع الاقطاب الرئيسية والاضافية (أ) وقطبية الفراشى (ب) ، واتجاهات التيار فى ملف التعويض (ج)

تقع الفرشاة «السالبة» مقابل القطب الشمالى الاساسى ، كما هو مبين على الشكل ١٥٨ ، ب (اذا نظرنا من جهة الموحد) . وستكون قطبية الفراشى على هذا النحو فى حال استخدام الملفات غير المتصالبة وهى تستخدم على نطاق أوسع فى اعضاء الانتاج (اى الملف العقدى اليمينى او الملف الموجى اليسارى) . واذا كان ملف عضو الانتاج «متصالبا» ، فان قطبية الفرشاة تتغير على العكس ، كما وتتغير قطبية الفرشاة فى الاتجاه الآخر لدوران عضو الانتاج أيضا.

ففى المكنات الضخمة والمتوسطة العاملة بالتيار المستمر تستخدم غالبا ملفات التعويض الموضوعة فى مجارى القواعد القطبية ، وذلك لتحسين ظروف التبديل . وان ملف التعويض الذى يوصل على التسلسل مع ملف عضو الانتاج ، يعوض عن المجال المغناطيسى لرد فعل عضو الانتاج ، لذا فان اتجاه التيار فيه يجب ان يكون معاكسا للتيار المار فى موصلات ملف عضو الانتاج الواقعة تحت القاعدة القطبية المعنية (الشكل ١٥٨ ، ج) .

عند توصيل ملفات التحريض المتسلسلة وملفات الاقطاب الاضافية وكذلك ملفات التعويض ، عند توصيلها فى دائرة عضو الانتاج ، يجب ان نتذكر ان التيار يمر فى المولد من عضو الانتاج الى الشبكة الخارجية عبر الفرشاة «الموجبة» ، اما فى المحرك فان التيار يمر من الشبكة الخارجبة الى عضو الانتاج .

وفى معظم المكنات العاملة بالتيار المستمر والحاوية على ملفات التحريض المتوازية ، تصنع وشائع الاقطاب الرئيسية من عدد كبير من اللفات للسلك الدائرى المقطع المزود بعازل من المينا او من الالياف والمينا . وتصنع هذه الوشائع على شياقات خاصة ، وتلف بشريط من التفتا او الكيبر وتشرب وتجفف ، ومن ثم تلبس مباشرة على القطب (الشكل ١٥٩) . ولعزل الوشيعة عن قلب القطب والهيكل يستخدم الكرتون الكهربائى ، والرقائق المغطاة بالميكا ، والزجاج والميكانيت (تبعا لدرجة الصمود للاحماء) ؛ وتعادل عادة سماكة العازل من ٠,٥ الى ١,٥ مم .



الشكل ١٥٩ – قطب مكنة غير كبيرة تعمل بالتيار المستمر ، ومزودة بوشيعة متوازية لملف التحريض

وفى المكنات الكبيرة والمتوسطة القدرة ، الحاوية على ملفات تحريض موصولة بالتوازى ، تلف الوشائع أحيانا على هيكل خاص ، تلبس الوشيعة معه على القطب . وفى بعض المكنات الصغيرة يصنع الهيكل من المواد العازلة ويلف عليه سلك ذو مقطع دائرى . وفى المكنات الأكبر يصنع الهيكل من الصفيح الفولاذى بسماكة ١ – ٢ مم . وقبل لف الوشيعة تعزل جدران الهيكل بعدة طبقات من الكرتون الكهربائى او الميكانيت ، وتوضع فلكات عازلة بين فلكات الهيكل المعدنية والملف . وبما انه يحدث غالبا خرق العازل فى مكان اتصال الفلكات العازلة مع عازل جدران الهيكل ؛ فاننا نضع هنا شرائح مطوية بزاوية قائمة من النسيج المشرب باللك او توضع فى الزوايا لفة من خيط القنب الملفوف .

غالبا ما تلف ملفات التحريض الموصولة على التوازى بسلك معزول مقطعه مستطيل الشكل .

وتصنع اطراف المآخذ للوشائع القطبية لملفات التحريض المتوازية بالطريقة التالية : بعد وضع اللفة الاولى ، تلحم مع بدايتها شريحة نحاسية قليلة السماكة ولكن مقطعها العرضى أكبر من سلك الوشيعة . ويجب ان يضمن طول هذه الشريحة خروجها بعد لف جميع اللفات للوشيعة ، وتعزل الشريحة الخارجة بعناية بواسطة النسيج المشرب باللك او بشريط من التفتا . وبعد لف نصف الوشيعة تقريبا توضع فيها الشريحة النحاسية المعزولة الثانية ، وتكون مطوية بحيث يمكن ان تلحم مع طرفها نهاية آخر لفة للوشيعة ، وان يخرج طرفها الآخر للخارج ويصلح كمأخذ . وعند لف الصفوف الباقية من اللفات تجرى تغطية شريحة المأخذ النحاسية بهذه اللفات ، ويتم بذلك تثبيت مأخذ الوشيعة بشكل متين . وتلحم مع مآخذ الشرائح النحاسية للوشيعة ، مقامط توصل بها اسلاك التوصيل .

وتتعلق ابعاد الوشيعة وشكلها بعدد لفاتها ومقطع الاسلاك وعرضها ، وبوجود فسحة بين الاقطاب فى المكنة . وتصنع الوشائع المتوازية عادة بحيث تتوسع بالتدريج نحو جهة نير المكنة . وفى المكنات الكبيرة الحاوية على ملفات مصنوعة من سلك مقطعه مستطيل الشكل ، تصنع الوشائع على شكل متدرج يزيد سطحها ويحسن تبريدها . ولنفس هذا الغرض يمكن ان تقسم الوشائع الى اقسام (قطاعات) .

وفى المكنات ذات التحريض المختلط تتوضع الوشيعة المتسلسلة عادة بشكل منفصل فوق الوشيعة المتوازية ، لانه عند وضعهما واحدة ضمن الاخرى يصعب تبريد الوشيعة الداخلية .

وتلف الوشائع المتسلسلة عادة من اسلاك اللف المعزولة ذات المقطع المستطيل الشكل ، غير انه فى المكنات الكبيرة ، عندما يكون المقطع العرضى للملف كبيرا ، تستخدم القضبان النحاسية العارية . وفى هذه الحالة توضع العوازل بين اللفات (الطبقات) من الكرتون الكهربائى مثلا . اما الوشائع المتسلسلة للاقطاب الاساسية التى تصنع من سلك مقطعه مستطيل الشكل ،

فهى تلف بحيث يتوضع القسم العريض للسلك على طول القطب . واذا ازداد المقطع العرضى للسلك المستطيل المقطع يصعب تنفيذ عملية اللف بعدة طبقات ، لذا ففى المكنات الضخمة ذات التحريض المختلط تصنع الوشائع المتسلسلة بصف واحد ..

وفى المكنات المتوسطة وغير الكبيرة ذات التحريض المتسلسل ، التى تكون الوشائع المتسلسلة فيها هى الاساسية ، نضطر لتنفيذها بعدة صفوف ، وذلك بلف كل صف على عدة طبقات ، وتوضع الوشائع على هيكل حامل .

وفى محركات الجر الضخمة تلف الوشائع المتسلسلة على ضلع ، مع وضع الملف بطبقة واحدة .

وفى المحركات غير الكبيرة ذات الموحد ، التى تعمل بالتيار المتناوب حيث لا تكون الاقطاب قابلة للنزع ، وانما تكون مصنوعة بالكبس من الفولاذ الصفيحى كقطعة واحدة مع النير ، ففى هذه المحركات تصنع الوشائع المتسلسلة من الاسلاك المعزولة الدائرية ، وتلف بشريط التفتا او الكيبر ، ومن ثم تشرب وتركب على القطب من خلال قاعدته .

ان وشائع الاقطاب الاضافية فى المكنات العاملة بالتيار المستمر متشابهة من حيث التصميم مع الوشائع المتسلسلة للاقطاب الرئيسية . وفى المكنات الضخمة تلف وشائع الاقطاب الاضافية من أسلاك مقطعها مستطيل الشكل ، على الضلع .

وتلف على الضلع ايضا فى معظم الحالات ، وشائع ملفات التحريض فى المكنات المتزامنة الضخمة والمتوسطة ذات الاقطاب البارزة . وان هذه الوشائع تكون اصغر حجما واكثر تراصا ، وتنتقل القوة النابذة هنا عبر سطح كبير ، مما يؤدى الى تخفيض خطر تضرر عازل اللفات ، وتكون الوشائع الملفوفة على الضلع وحيدة الطبقة مما يساهم فى التبريد الجيد والمنتظم لجميع اللفات .

ومن المهم جدا بالنسبة لوشائع الاقطاب الدوارة فى المكنات المتزامنة ، تأمين المتانة الميكانيكية للوشائع ذاتها وكذلك ربطها بالمكنة ، ولهذا الغرض تستخدم عادة أجزاء خاصة مثل المشدات والاطواق والمقامط والاسافين وغيرها .

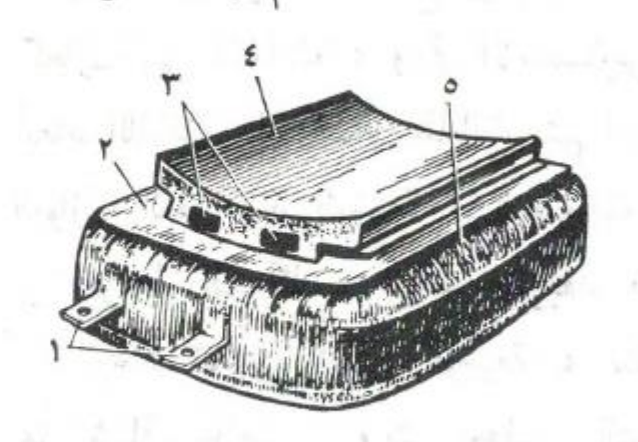
وفى المكنات المتزامنة ذات الاقطاب الظاهرة وذات القدرة غير الكبيرة ، تصنع وشائع التحريض فى العديد من الحالات من سلك اللف الدائرى المعزول ، وتثبت بمساعدة اطواق خاصة واسافين فى داخل المجارى الكائنة بين الاقطاب .

وعند اصلاح المكنات تصنع الوشائع القطبية الجديدة عادة على مكنات خاصة تبين احداها على الشكل ٨٦ .

وعند اصلاح المكنات العاملة بالتيار المستمر ، تلف وشائع الاقطاب الاساسية على هياكل او شابلونات ، بعد الاسترشاد بمعطيات اللف المأخوذه من المكنة الجارى اصلاحها . وتصنع الهياكل فى المكنات غير الكبيرة ، من الكرتون الكهربائى .

اما الشابلونات المخصصة للف الوشائع القطبية فتصنع من الخشب (للمكنات غير الكبيرة نسبيا) ، او من الفولاذ (المكنات المتوسطة والكبيرة) .

وتلف وشائع الاقطاب الاساسية فى المكنات العاملة بالتيار المستمر وذات القدرة المتوسطة حسب الطريقة التالى شرحها . يعزل الهيكل او الشابلونة يدويا وعلى كل ارتفاعه بعدة طبقات من الرقائق المغطاة بالميكا ، ومن ثم تثبت عليه صفيحة المأخذ المعزولة بالنسيج المشرب باللك ، والملحومة مع بداية سلك اللف . ثم يركب الهيكل (الشابلونة) على مكنة اللف ، وتلف الوشيعة . ويجب عندئذ الانتباه الى ان السلك يلف بانتظام بدون فراغات وتراكبات على اللفات . وقبل لف الطبقة الاخيرة من السلك على الهيكل، توضع صفيحة المأخذ الثانية ، التى سيلحم معها الطرف الآخر للوشيعة بواسطة المونة . وتجفف الوشيعة الملفوفة ثم تشرب باللك وتجفف مجددا ، وتركب الوشيعة الجاهزة ٥ على القطب ٤ ، وتثبت باسافين خشبية ٣ (الشكل ١٦٠) .



الشكل ١٦٠ — وشيعة قطبية تركب على القطب :
١ — صفائح المخارج ، ٢ — هيكل حامل ، ٣ — اسافين ، ٤ — قطب ، ٥ — وشيعة

وتصنع الوشائع القطبية بطريقة اخرى أيضا ، لا يلف فيها السلك على الهيكل او الشابلونة ، وانما يلف مباشرة على القطب المعزول . وعندئذ نتبع التسلسل التالى للعمليات: ينظف سطح القطب ويغطى باللك الراتنجى الالكيدى . وتقص شريحة من النسيج المشرب باللك بعرض ٨٠ مم وبطول يساوى لمحيط القطب ، ومن ثم يلصق النسيج المشرب باللك بحيث يستند على القلب بنصف عرضه . وبعد ذلك يعزل قلب القطب بلف طبقات الرقائق المغطاة بالميكا والاسبستوس المشرب باللك . وتكون كل طبقة من الرقائق المغطاة بالميكا بمكواة ساخنة وتمسح بخرقة جافة ونظيفة . وبعد وضع العازل بالسماكة المطلوبة ، يثنى الطرف المتدلى من النسيج المشرب باللك على القلب ، يلصق العازل على الطبقة المسطحة للرقائق المغطاة بالميكا . وتركب الفلكة العازلة السفلية على القطب المعزول ، وتلف الوشيعة ، ثم تركب الفلكة العازلة العلوية . وبعد ذلك ، تثبت الوشيعة على القطب باسفنتها بالاسافين الخشبية .

وتلف وشائع الاقطاب الاضافية فى المكنات الصغيرة بالسلك المعزول ، اما فى المكنات المتوسطة والكبيرة فتلف الوشائع بسلك غير معزول مستطيل المقطع ، بوضع لفات الوشائع بالعرض الأكبر أو على حرف المقطع . ولا يتضرر النحاس عادة فى وشائع الاقطاب الاضافية ، وانما يتضرر العازل ، لذا يؤول اصلاح الوشيعة عمليا الى استعادة عازلها . وغالبا ما نستخدم كعازل بين اللفات ، ورق الاسبستوس بسماكة ٠,٣ مم والذى يقص حسب أبعاد اللفات على هيئة اطارات يتم ادخالها بين اللفات وبعد اللف . وتتألف العوازل الخارجية للوشيعة من طبقات توضع بالتتابع من شريط الاسبستوس او شريط الميكا ، تثبت بشريط من التفتا .

وعند تبديل العازل للوشيعة ، تنظف الوشيعة من العازل القديم وتركب على شياق خاص . ويتم تحضير التساميك من ورق الاسبستوس ، والكرتون الكهربائى او الميكانيت ، وتكون كمية التساميك مساوية لكمية اللفات ، ويتم ابعاد لفات الوشيعة على الشياق ، وادخال التساميك فيما بينها ، بعد ان تغطى مسبقا من الجانبين بطبقة رقيقة من اللك البيكاليتى او الراتنجى

الالكيدى ، ومن ثم تحزم الوشيعة بشريط قطني وتكبس على شياق معدنى .

وينفذ تكبيس الوشيعة كما يلى : تركب على الشياق فلكة عازلة طرفية ، توضع الوشيعة عليها ، وتغطى بفلكة ثانية ثم تضغط الوشيعة . ثم توصل الوشيعة مع محول اللحام ، وتسخن بالتيار حتى الدرجة ١٢٠°م ، وبعد ذلك تضغط الوشيعة بشكل اضافى وتكبس نهائيا . وبعد ذلك تبرد الوشيعة فى الوضع المضغوط على الشياق حتى ٢٥ — ٣٠°م ثم تنزع عن الشياق وتغطى بللك يحتاج الى تجفيف فى الهواء ، ثم تبقى خلال ١٠ — ١٢ ساعة بدرجة ٢٠ — ٢٥°م .

يعزل السطح الخارجى للوشيعة التى تم تكبيسها ، بشريط من الاسبستوس ، ومن ثم بشريط الميكا ، ومن ثم بشريط من التفتا ، وتغطى باللك .

تركب الوشيعة الجاهزة على القطب الاضافى وتثبت عليه باسافين خشبية .

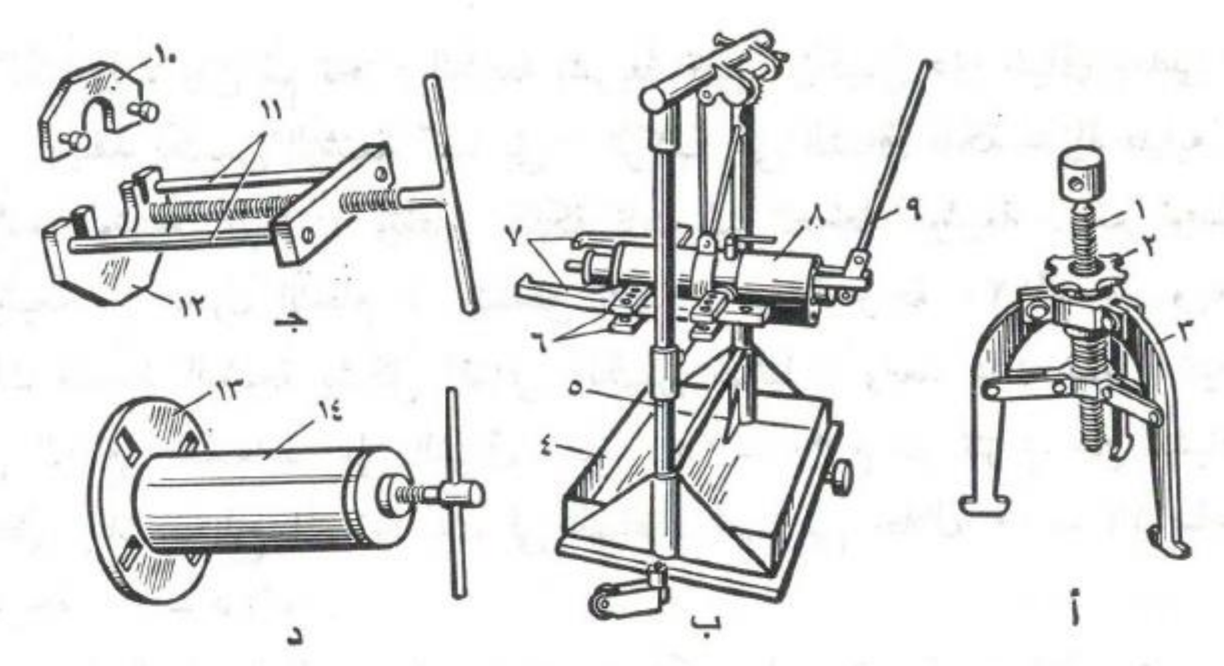
البند ٥٤ — أعمال الفك والتركيب للمكنات الكهربائية

ترد الى ورشة الاصلاح مكنات كهربائية من صنع بلدان مختلفة ، تختلف فيما بينها بالغاية منها والقدرة والتنفيذ والتصميم . وتتحدد أعمال الفك لكل مكنة كهربائية بتصميمها وبضرورة الحفاظ على الاجزاء السليمة الموجودة ، بينما يتوقف حجم هذه الاعمال على أعمال الاصلاح القادم وكميتها .

ولا بد قبل البدء باصلاح المكنة من التأكد من وجود جميع المواد اللازمة للاصلاح ، وجميع القطع التبديلية اللازمة بالمواصفات والابعاد الضرورية .

وفيما يلى يشرح تتابع الاعمال الاساسية لفك المحركات الكهربائية اللامتزامنة ، وفك مكنات التيار المستمر ، والمكنات المتزامنة من الدفعات الموحدة ، ومن أكثر التصاميم انتشارا . وتطبق عمليا طرق فكها على غالبية المكنات الكهربائية التى تصنع فى الوقت الحاضر او التى صنعت فى السابق .

يبدأ فك غالبية المكنات الكهربائية من نزع نصفى القارنة عن العمود بمساعدة



الشكل ١٦١ – نوازع لسحب انصاف القارنات والمدارج عن اعمدة المكنات الكهربائية : أ – نازع لولبى مزود بفتح الاذرع بشكل قابل للضبط ، ب – نازع هيدروليكى ، جـ – نازع لسحب المدارج مع الامساك بالمدرجة ، د – لسحب المدارج مع الامساك بلوالب الغطاء او بمحفظة المدارج ؛ ١ – لولب دودى برأس ، ٢ – صامولة تعيير ، ٣ – اذرع (مماسك) ، ٤ – مساحة ، ٥ – دعامة ، ٦ – عوارض ، ٧ – مماسك ، ٨ – مضخة مكبسية ، ٩ – قبضة ذراع المضخة ، ١٠ – صفيحة بمسامير توصيل، ١١ – صبالم ، ١٢ – بلاطة ، ١٣ – قرص ، ١٤ – جسم النازع

ادوات النزع اليدوية المزودة باذرع تضبط فتحاتها أو الادوات الهيدرولية .

ان النازع المزود باذرع تضبط فتحاتها (الشكل ١٦١ ، أ) يسمح بنزع انصاف القارنات مختلفة الاقطار عن الاعمدة . ويتم فتح الاذرع وتثبيتها حسب أقطار انصاف القارنات المراد نزعها ، بواسطة صامولة عيارية ٢ ، مركبة على قلوظة اللولب ١ . وان نزع انصاف القارنات بواسطة النازع اليدوى ، يعتبر عملية صعبة بحيث تحتاج الى جهود عضلية كبيرة .

ويتم التوصل الى مكننة عمليات فك انصاف القارنات عن طريق استخدام النازع الهيدرولى (الشكل ١٦١ ، ب) ، وهو عبارة عن فسحة ٤ مركبة على عجلات ، ومزودة بدعامتين ٥ تتحرك عليهما شاقوليا المضخة الهيدروليه ٨ بالمكبس . ولكى ننزع نصف القارنة ، نركب على جسم المضخة العوارض ٦ ، ونثبت بينها المماسك ٧ . وتتحدد المسافة بين المماسك بقطر انصاف القارنات الجارى نزعها .

ولتجنب سقوط نصف القارنة عن العمود ، انه يعلق بحبل على خطاف الرافع قبل البدء بعملية الفك . ويضبط ارتفاع المضخة بحيث ينطبق مركز المسند مع مركز العمود ، وبحيث تتعشق المماسك بشكل متين مع نصف القارنة بموجب الخط الافقى المار عبر مركز العمود . وبعد ذلك ، يتم تحريك القبضة ٩ للمضخة المكبسية ، لتوليد الضغط اللازم للزيت فى جسم المضخة . وتحت تأثير ضغط الزيت ، يتحرك المكبس الرئيسى والمكابس الجانبية للنازع ، وعندئذ يتأمن الامساك المتين بنصف القارنة بفضل المكابس الجانبية ، ويتم سحب نصف القارنة بسهولة عن عمود المكنة الكهربائية بجهد المكبس الرئيسى . ويسمح استخدام النازع الهيدرولى بالاسراع بفك انصاف القارنات بخمس الى ست مرات ، مما ينفذ ذلك بالنازع اليدوى اللولبى .

وبعد فك انصاف القارنات تنفذ العمليات اللاحقة حسب التسلسل المبين ادناه وحسب نوع كل مكنة .

وتفك المكنات الكهربائية اللامتزامنة من الدفعة الموحدة A_2 و AO2 حسب التسلسل التالى :

– يفك الغطاء الخارجى (انظر الشكل ٢٧ ، أ) ، ومن ثم المروحة .

– تفك اللوالب التى تثبت أغطية المحامل ٤ الى الجسم ٧ ، وكذلك اللوالب التى تثبت الغطاء ٢ الى محمل الغطاء الخلفى .

– ينزع الغطاء الخلفى ٤ للمحمل ، ويفصل عن الجسم ٧ بطرقات خفيفة للمطرقة على الغطاء من خلال قاعدة خشبية او قاعدة من الالومنيوم . وتوجد فى شفاه اغطية المحامل ثقوب مقلوظة خاصة بلوالب الفك . فندخل فى هذه الثقوب ، اللوالب التى تثبت غطاء المحمل على الجسم ، بشكل بطئ ومنتظم ، حتى ينفصل الغطاء عن الجسم .

– يتم سحب العضو الدوار من العضو الساكن ، باستخدام نبائط خاصة ابسطها عبارة عن انابيب تطويل تركب على نهايات العمود ، بعد لفها مسبقا بطبقتين او ثلاث طبقات من الكرتون الكهربائى ، وذلك لوقاية السطوح المجلوخة للعمود من الاضرار الميكانيكية .

– ينزع الغطاء الامامى عن المدرجة (المحمل) المركبة على عمود العضو الدوار ، بعد الفك المسبق للوالب التى تثبت اغطية المدارج .

وعند فك المكنة اللامتزامنة الحاوية على عضو دوار طورى ، ينزع أولا غطاء حلقات التماس ومن ثم الفراشى . ثم تنزع المدارج عن العمود باستخدام نوازع خاصة مزودة بممسك يتعشق بالمدرجة (انظر الشكل ١٦١ ، ج) او بغطائها (انظر الشكل ١٦١، د) .

وتفك مكنات التيار المستمر من السلسلة П (انظر الشكل ٤٣) بتنفيذ العمليات الآتية :

– تنزع اغطية علب المآخذ والاطراف الجانبية لغطاء المدرجة الامامى .

– تفصل الاسلاك التى توصل حوامل الفراشى مع وشيعة القطب الاضافى .

– تفصل الاسلاك التى توصل حوامل الفراشى مع التماسات الموجودة فى علبة المآخذ ، ومن ثم تنزع الفراشى من مقراتها فى حوامل الفراشى .

– يحمى الموحد من الاضرار الميكانيكية بلفه بلوح من الكرتون المثبت على الموحد برباطين مصنوعين من الشريط القطنى او خيط التربيط .

– تفك اللوالب التى تثبت اغطية المدارج ٥ على الجسم ؛

– يتم ادخال لوالب النزع فى الثقوب المخصصة لها فى اغطية المدارج ، حتى تخرج حروف الاغطية من مقراتها فى الجسم (عندئذ من الضرورى سند عضو الانتاج من طرف العمود كى نتجنب سقوطه على القطب السفلى للمكنة) .

– تزاح الاغطية عن المدارج ٦ .

– يتم سحب عضو الانتاج من الجسم نحو الطرف الحر للعمود ٧ ونزعه من المكنة .

وفى حال ضرورة اصلاح الملف ٤ لعضو الانتاج ، تنزع المدرجة اولا بواسطة النازع اللولبى ، ومن ثم ينزع الغطاء الداخلى للمدرجة ، وبعد ذلك تنزع المروحة بواسطة النازع ، وهكذا يتم التوصل تماما الى ملف عضو الانتاج .

وفى حال ضرورة تبديل المكثفات فى تجهيزة مكافحة التشويش للمكنة ،

ينزع غطاء علبة المآخذ ، وبعد فك لوالب تثبيت لوحة المآخذ على غطاء المدرجة ، تنزع اللوحة من علبة المآخذ مع المكثفات المركبة عليها .

ويتم فك المكنات الكهربائية المتزامنة (انظر الشكل ٣٧) كما يلى :

– تفصل الاسلاك التى توصل المحرض مع جهاز الفراشى .

– تفك صامولة لولب الايقاف ، الذى يثبت غطاء المدرجة مع محفظة المدرجة ١٥ ، ويحرر لولب الايقاف بمقدار ٣ – ٤ دورات .

– تفك اللوالب التى تثبت غطاء المدرجة على الجسم ٩ .

– يتم اخراج الغطاء الخلفى ١٣ للمدرجة من مقره فى الجسم بواسطة لوالب التحرير ، وينزع من محفظة المدرجة .

– تفك اللوالب التى تثبت غطاء المدرجة ٨ على الجسم ، ويتم اخراج الغطاء من مقره فى الجسم بواسطة لوالب التحرير ، ومن ثم يتم انزال العضو الدوار على العضو الساكن بعد وضع لوح من الكرتون تحت العضو الدوار .

– يزاح غطاء المدرجة ٨ مع الجسم ٥ للمحرض من محفظة المدرجة ٢٦

– يسحب العضو الدوار للمكنة المتزامنة مع عضو الانتاج للمحرض ، من العضو الساكن للمكنة باتجاه المروحة .

واذا اضطررنا الى نزع المروحة لاصلاح المكنة ، فيتعين علينا تعليم موضعها الزاوى بالنسبة للجلبة كى نعيدها الى مكانها عند التجميع ، وبذلك لا يحصل اخلال بموازنة العضو الدوار ، ومن ثم تفك اللوالب التى تثبت كأس المروحة على الجلبة ، وتنزع المروحة . وعند الضرورة لنزع جلبة المروحة أيضا ، يتم تعليم وضعها على العمود ومن ثم تسحب بعد فك لولب الايقاف ، بواسطة نازع لولبى .

وأذا احتاج الامر لتبديل المدرجة الامامية (من جهة المحرض) للمكنة المتزامنة ، يتم نزع عضو الانتاج للمحرض مع الموحد عن العمود ، وذلك بالامساك بالشقوق الموجودة فى طرف الجلبة ، بعد الفك المسبق للعنق الكائن على طرف العمود . وبعد ذلك تحرر البراغى المثبتة لغطاء المدرجة والمحفظة ، وتنزع المحفظة مع الغطاء الخارجى للمدرجة . وبعد ذلك تنزع حلقات التماس عن العمود ومن ثم تسحب المدرجة .

وعند فك العضو الدوار ذى الاقطاب الظاهرة فى المكنة المتزامنة تنزع اولا الوصلات بين وشائع الاقطاب ، وتفك براغى تثبيت الاقطاب على الجلبة ، ومن ثم تنزع الاقطاب مع الوشائع . وينصح قبل فك العضو الدوار بترقيم الاقطاب وتعليم اماكن تثبيتها على الجلبة ، كى لا يحصل اخلال بموازنة العضو الدوار .

غالبا ما يحتاج الامر عند اصلاح المكنات المتزامنة لفك واصلاح المنظومة القطبية للمحرض . ولكى تنزع اقطاب المحرض تفك البراغى التى تثبت الاقطاب على جسم المحرض ، ومن ثم تنزع الوشائع . واذا نزعت العارضة مع حوامل الفراشى من الجسم ، فانه يجب مسبقا تعليم وضعها الزاوى فى الجسم ، وذلك لان انزياح العارضة عن الوضع الاولى يؤدى عند التجميع الى ظهور شرر كثير تحت الفراشى فى المحرض العامل .

ويجرى فك المكنة الكهربائية بحيث لا تتضرر الملفات السليمة والموحد وجهاز الفراشى والمروحة والاجزاء الاخرى . ويجب الحفاظ على جميع الاجزاء والوحدات السليمة لاستخدامها مرة ثانية .

وعندما ترد للاصلاح مكنة كهربائية ملفها معطوب ، يتم فك الملف بعد فك المكنة . فعند فك الملف تستخدم ، اضافة الى ما ذكر اعلاه ، نبائط ومكنات خاصة لنزع الملفات المعطوبة . واذا توفرت امكانية استعادة اسلاك الملف المعطوب لاستخدامها مرة ثانية ، يجب اخذ ذلك بعين الاعتبار عند الفك والاستفادة من ذلك .

كما ذكر اعلاه ، انه عندما يجرى فك المكنات من التصميم القديم ، يجب تسجيل المعطيات التى قد نحتاج اليها لاستعادة الملف أو لاستعادة الاجزاء الاخرى للمكنة . ومن هذه المعطيات نذكر أبعاد الاسلاك للملف فى المجرى وعددها ، ومخطط توصيل الملف ، وبروز الاقسام الجبهية للملف ، والفراغات الكائنة بين العضو الساكن والعضو الدوار (بين العضو الدوار والاقطاب) وغيرها وعندئذ ترسم الرسومات اليدوية اللازمة (الكروكى) ، وذلك لان المعلومات اللازمة لاصلاح مثل هذه المكنات قد لا تتوفر فى الالبومات النموذجية .

يتم فك المكنات الكهربائية باستخدام وسائط الرفع والنقل المتوفرة (روافع ، عربات كهربائية ، رافعات ، عربات ، تجهيزات كبلات الرفع وغيرها) ، ونبائط لسحب الاجزاء وفك الملفات واخراج الاعضاء الدوارة (اعضاء الانتاج) من جسم المكنة ، وادوات مكهربة ، واجهزة لحام وقص بالغاز ، واحواض لغسيل القطع ، واطقم مفاتيح شق ومبارد وغيرها من الادوات .

ويتم تجميع المكنة الكهربائية بعد اصلاحها ، كقاعدة عامة ، حسب التسلسل المعاكس لعملية الفك . وينصح قبل بدء التجميع مباشرة ، بالتأكد مرة ثانية بعناية من صحة توصيل الاسلاك حسب مخطط الملف ، ومن جودة اللحامات وسلامتها ، ومن عدم وجود انقطاعات فى الملف ، وعدم وجود قصر دائرة فى الملفات . وينفذ مثل هذا الفحص بمساعدة اجهزة قياس خاصة .

قبل تجميع المكنة يجب التأكد من ان جميع أقسامها نظيفة ومغسولة ، وقد تم اصلاحها وتجريبها . وينفذ التجميع بحذر ، مع لفت الانتباه الى عدم الحاق الاذى بالاجزاء الحساسة للتأثيرات الميكانيكية ، مثل الملفات والموحد وحوامل الفراشى وحلقات تزييت المدارج الانزلاقية وغيرها . وتستخدم عند التجميع ، اضافة الى الادوات الاعتيادية ، ادوات ونبائط خاصة تسهل تنفيذ بعض عمليات التجميع وتزيد من انتاجية عمل القائمين بالاصلاح ومنها مفاتيح كشتبان مزودة بقبضات ، وأدوات مكهربة وأدوات عاملة بالهواء المضغوط .

يجرى التجميع حسب التسلسل الذى يجعل كل قطعة مركبة تعمل على تقريب المكنة من الحالة الجاهزة ، وفى نفس الوقت لا تستدعى ضرورة اعادة العمليات . ويتم فحص المكنة الكهربائية بعد تجميعها ، والتأكد من متانة تثبيت جميع الاجزاء والوحدات المجمعة ، وعدم وجود تماسك بين الاجزاء المتحركة والثابتة ، وعدم وجود الاعوجاجات فيما بينها ، وسهولة دوران العضو الدوار ، وامكانية تحرك محورى صغير فى المكنات الحاوية على مدارج انزلاقية .

والعضو الدوار الذى يستقر فى الوضع المركزى بفضل المجال المغناطيسى

للعضو الساكن ، يجب ان يتمتع بامكانية التحرك فى الاتجاه المحورى ، لكى لا يلحق عمود العضو الدوار الاذى بحواف المدارج عند اى انحراف ضئيل ، ولا يؤدى الى خلق اجهادات اضافية او احتكاك الاجزاء المتلامسة فى المحرك . ويتحدد مقدار هذا التحرك المحورى تبعا لقدرة المحرك ويجب ان تعادل ٢,٥ ــ ٤ مم عندما تكون القدرة من ١٠ ــ ٤٠ كيلوواط ، وان تعادل ٤,٥ ــ ٦ مم عندما تكون القدرة من ٥٠ ــ ١٠٠ كيلوواط .

وعند تجميع المكنة يؤخذ بعين الاعتبار ان عمود العضو الدوار اثناء عمله يتمدد نتيجة تسخينه بمقدار Δl, mm يتحدد بالعلاقة : $\Delta l = l \Delta t \alpha$ حيث l ــ طول العمود بين المحملين ، مم ؛ Δt ــ ارتفاع درجة الحرارة عند عمل المكنة ، م° ، α ــ معامل التمدد الطولى .

ويركب المحملان التدحرجيان بحيث يستطيع احدهما ان يتحرك ضمن الغطاء بمقدار ٠,٥ ــ ١,٥ مم فى الاتجاه المحورى ، الا قد يحصل تماسك فى المحملين بسبب تمدد العمود الناجم عن تسخنه فسوف يعيق المحملان دوران العضو الدوار للمكنة .

وعند التجميع تفحص المسافة بين الاقسام الجبهية للملف وبين الاقسام المعدنية للجسم ، وهى يجب ان لا تقل عن ١٠ مم فى المكنات التى تعادل فلطيتها المقدرة ٢٢٠ فولط ، وان لا تقل عن ١٥ مم فى المكنات التى تصل فلطيتها حتى ٥٠٠ فولط . وعند القيام بالكشف الخارجى تفحص جودة غشاء الدهان باللك على الملف ، فهو يجب ان يكون خاليا من تجمع الدهان والشقوق والفقاعات والروايش .

وتفحص قبل تجميع المكنة جودة العزل للاقسام الناقلة للتيار (حلقات التماس ، حوامل الفراشى وغيرها) ، ويجب ان لا تقل مقاومة عوازل الاقسام الناقلة للتيار فى المكنة ، والتى تقاس بمقياس ميغا اوم ، عن القيمة المحددة بالعلاقة : $R_1 = U/(1000 + P/100)$ حيث R_1 ــ مقاومة العازل ، ميغا اوم ؛ U ــ الفلطية المقدرة للمكنة ، فولط ؛ P ــ قدرة المكنة ، كيلوواط .

تقاس الخلوصات الهوائية (ما بين الاقسام المعدنية) لدى المكنات الكهربائية التى تم اصلاحها وتجميعها ، وبعد ذلك يتم تشغيلها لتجريبها .

وتقاس هذه الخلوصات بواسطة طاقم من الصفائح الفولاذية التى تسمى بالمجسات ، تعادل سماكتها من ٠٫٠١ حتى ٣ مم . وفى المكنات اللامتزامنة يقاس الخلوص من الطرفين بين الفولاذ الفعال للعضو الدوار والعضو الساكن . ويمكن الحكم حسب مقدار الخلوص ، على صحة تجميع المكنة وصلاحيتها للاستثمار . وتقاس الخلوصات باختيار المجس الذى يمر فى الفراغ دون جهد . وبعد قياس الخلوصات فى مكان ما ؛ يسحب المجس ويتم تدوير العضو الدوار أو عضو الانتاج بمقدار ٩٠° ، ثم يعاد القياس بعد تدوير العضو الدوار او عضو الانتاج لـ ١٨٠° و ٢٧٠° و ٣٦٠° .

وتقاس الخلوصات عادة فى ثلاث نقاط فى مكنات التيار المتناوب ، وتقاس تحت كل قطب فى مكنات التيار المستمر . ويجب ان يكون الخلوص واحدا على طول الدائرة بكاملها ، كما ويجب ان لا تختلف قيمة الخلوص فى النقطتين المتقابلتين قطريا عن ± ١٠٪ من القيمة المتوسطة.

وفى المكنات الحاوية على محامل انزلاقية يقاس أيضا الخلوص الكائن بين العمود وقشرة المحمل ، والذى يجب أن يوفق لقيمة الخلوص الواردة فى مواصفات المكنة الكهربائية .

أسئلة للمراجعة

١ – ما هى أعمال التحضير لاصلاح ملف المكنة الكهربائية ؟

٢ – ما هى تكنولوجيا اصلاح ملفات التنزيل فى الاعضاء الساكنة للمكنات العاملة بالتيار المتناوب ؟

٣ – كيف تصلح ملفات الاعضاء الساكنة فى المكنات الحاوية على وشائع جسيئة ، والعاملة بالتيار المتناوب ؟

٤ – ما هى خصائص اصلاح الملفات فى الاعضاء الدوارة الطورية للمحركات الكهربائية اللامتزامنة ؟

٥ – عدد طرق لف الملفات فى اعضاء الانتاج للمكنات الصغيرة ذات الموحد .

٦ – ما هى تكنولوجيا اصلاح ملفات اعضاء الانتاج فى المكنات ذات الموحد ؟

٧ – كيف تصلح الوشائع القطبية فى المكنات العاملة بالتيار المستمر والمكنات المتزامنة ؟

٨ – تحدث عن تسلسل تجميع المكنات الكهربائية وفكها ، والنبائط والتجهيزات المستخدمة لذلك

تثبيت الملفات وتشريبها وتجفيفها . انجاز أعضاء الانتاج

البند ٥٥ – تثبيت ملفات اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة للمكنات الكهربائية . اصلاح الاربطة

عند دوران الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكنات الكهربائية تظهر القوى النابذة التى تسعى لرمى الملف خارج المجارى وثنى الاقسام الجبهية للمف . ومن الجدير بالذكر ان القوى النابذة التى تظهر عند الدوران تكون كبيرة ، كقاعدة عامة . فمثلا ، اذا كان قطر عضو الانتاج ٥٠٠ مم وعدد الدورات ٢٠٠٠ دورة/دقيقة ، فان كل ١ كغ من الكتلة الكائنة على محيط دائرة عضو الانتاج تعادله قوة نابذة تساوى ١ طن . ومن المعلوم ان القوى النابذة تتناسب مع قيمة الكتل الدوارة ونصف قطر الدوران ومع مربع عدد الدورات . ومن هنا ينتج انه من المهم والضرورى تثبيت الملفات فى المكنات السريعة بشكل متين ، وكذلك فى المكنات التى يكون فيها قطر العضو الدوار (عضو الانتاج) كبيرا بما فيه الكفاية .

كما ذكر اعلاه ، تمنع الاقسام الجبهية للملفات من فتح ثنيتها تحت تأثير القوة النابذة ، بواسطة اربطة سلكية . اما اقسام الملف الواقعة فى المجرى فتثبت بالاربطة والاسافين . وتتعلق طريقة تثبيت الملفات فى المجارى لحد كبير بشكل المجرى ذاته . ففى المجارى المغلقة والنصف مغلقة والنصف مفتوحة تثبت أقسام الملف الواقعة ضمن المجارى بواسطة اسافين تصنع من الخشب أو مختلف المواد الصلبة والعازلة كهربائيا مثل التكستوليت والمواد البلاستيكية وغيرها ، اما ملفات الاعضاء الدوارة ، الواقعة ضمن المجارى المفتوحة للقلب فتثبت بالاسافين او بالاربطة .

ان الاسافين تشغل قسما كبيرا من حجم المجرى ، مما يقلل من امكانية وضع اسلاك الماف هنا ، ومن هذه الناحية يكون تثبيت قسم الملف

الموجود فى المجرى بالاربطة أفضل ، غير انه عند التثبيت بواسطة الاسافين يكون الضغط على عازل قسم الملف الموضوع فى المجرى اكثر ايتظاما وليس كبيرا ، حيث تقوم الاسافين بحماية قسم انملف الموضوع فى المجرى من الاوساخ ، وينعدم فيها ضياع التيارات الدوامية أثناء دوران العضو الدوار فى المجال المغناطيسى .

ومن عيوب طريقة تثبيت قسم الملف الموضوع فى المجرى بواسطة الاربطة التى تصنع غالبا من السلك الفولاذى المبيض ، نذكر ما يلى : ضياع اضافى للطاقة يزداد بسبب التيارات الدوامية الناشئة فى السلك ؛ تردى التبديل فى المكنات ذات الموحد بسبب وجود السلك الفولاذى فى القسم العلوى للمجارى (مما يشوه المجال المغناطيسى للمكنة) ؛ يصعب القيام بالاصلاح الجزئى للملف ، وذلك لانه يمكن تحرير مجرى واحد على الاقل فقط بعد نزع جميع الاربطة عن القلب . وان استخدام سلك غير فولاذى مغناطيسى او سلك برونزى يحسن الوضع جزئيا فقط (يزول النقص الثانى المذكور أعلاه) .

ان عيوب تثبيت قسم الملف الموضوع فى المجرى بواسطة الاربطة قد حددت أفضلية استخدام الاسافين هنا . فالاربطة تستخدم لتثبيت قسم الملف فى المجارى المفتوحة للقلب ، فقط فى المكنات ذات الاستطاعة غير الكبيرة والتى يصل قطر عضو الانتاج فيها حتى ٣٠٠ مم ، وتصنع المكنات الأكبر دوما باسافين فى المجارى . وتستخدم الاسافين كذلك لتثبيت ملفات الاعضاء الساكنة فى مجارى المكنات العاملة بالتيار المتناوب ، وبالرغم من انها لا تتعرض لتأثير القوى النابذة ، فانها يجب ان تثبت بمتانة فى المجارى وذلك لحمايتها من التحركات تحت تأثير القوى الكهروديناميه .

يتم تربيط الاعضاء الدوارة بواسطة النبائط الخاصة المزودة بتجهيزة لتوليد الشد اللازم لسلك التربيط اثناء لف الربيط .

تحسب الاربطة على العدد الاقصى للدورات $n_{\max}$ الذى يمكن أن يولده العضو الدوار اثناء عمل المكنة الكهربائية . فمثلا ، للمحركات اللاامتزامنة $n_{\max}$ تؤخذ ١,٢ من العدد المقدر للدورات n_{nom} ، اما بالنسبة

للمكنات ذات الموحد فتؤخذ n_{max} بمقدار ٢٠٪ اعلى من أكبر عدد دورات مبين على لوحة المكنة ، على ان لا يزيد ١,٥ n_{nom} .

تحسب الاربطة انطلاقا من كتلة الملف ، بشكل منفصل للأقسام الجبهية ولقسم الملف فى المجارى .

تتحدد كتلة قسم الملف فى المجارى بالكغ ، بموجب الصيغة : $G_w = 0,0116\, abS_w zl$ حيث a و b — ابعاد ضلعى القضيب المستطيل للملف ، مم ؛ S_w — العدد الكلى للقضبان فى المجرى ؛ z — عدد المجارى ؛ l — طول القلب ، مم .

بعدئذ يتم اختيار قطر سلك التربيط مع الاسترشاد بالمعطيات التالية :

قطر العضو الدوار ، مم	١٠٠—٢٠٠	٢٠١—٤٠٠	٤٠١—٦٠٠	٦٠١—١٠٠٠	أكثر من ١٠٠٠
قطر سلك التربيط ، مم	٠,٨	١	١,٢	١,٥	٢

يتحدد عدد لفات جميع الاربطة الملفوفة على قلب العضو الدوار بموجب الصيغة : $w_{b.w} = 1,2\, G_w (D - h_{ch}) (n_{max}/1000)^2/(d^2 R)$ حيث D — قطب قلب العضو الدوار ، مم ؛ h_{ch} — عمق المجرى فى قلب العضو الدوار ، مم ؛ d — قطر سلك التربيط ، مم ؛ R — الجهد الميكانيكى المسموح به للشد ، وهو يؤخذ بالنسبة للسلك الفولاذى ٣٠٠٠ كغ . ق/سم٢ .

وتتحدد كتلة القسم الجبهى للملف (بالكغ) الموجود على أحد طرفى العضو الدوار ، بموجب الصيغة: $G_f = 0,012\, D\, ab\, S_w z/p$ حيث p — عدد ازواج الاقطاب فى العضو الدوار .

ويتحدد عدد لفات الاربطة الملفوفة على الاقسام الجبهية للملف ؛ بموجب الصيغة : $w_{b.f} = 1,2\, G_f (D - h_{ch}) (n_{max}/1000^2/d^2 R)$ وفى حال عدم توفر سلك التربيط حسب القطر اللازم ، يستخدم سلك آخر قطره قريب من القطر المطلوب ، مع تغيير عدد لفات الرباط بشكل يتناسب مع مربع نسبة القطرين . فمثلا ، يمكن ان يستبدل الرباط المؤلف من ٣٠ لفة ملفوفة بسلك قطره ١,٢ مم ، بسلك قطره ١,٠ مم ، غير انه

سيكون عدد اللفات $٣٠ \times \frac{(١,٢)^٢}{(١,٠)} = ٣٠ \frac{١,٤٤}{١} \approx ٤٣$ لفة. وسيكون عرض الرباط $٤٣ \times ١ = ٤٣$ مم وليس $٣٠ \times ١,٢ = ٣٦$ مم .

وفى مصانع بناء المكنات الكهربائية والمنشآت الكبيرة لاصلاح المعدات الكهربائية ، تنفذ عملية تربيط ملفات الاعضاء الدوارة بواسطة مكنات لف مختلفة التصاميم . وغالبا ما تستخدم المخارط القديمة للف الاربطة ، بعد تزويدها بنبيطة خاصة لشد سلك التربيط أثناء لفه (انظر الشكل ٨٧) وفى الورشات الصغيرة تستخدم أحيانا طريقة «الربطة» مع الثقل المعير حيث انها لا تحتاج الى نبائط خاصة لشد سلك التربيط، اما الجهد المبذول لتدوير العضو الدوار فهو ليس كبيرا .

وللقيام بلف الرباط يحضر سلك التربيط حسب القطر والطول اللازمين ، ثم يوضع العضو الدوار المطلوب تربيطه على قاعدتين ، ويثبت مؤقتا احد طرفى السلك فى القسم الذى يجب ان تقع عنده اللفة الاخيرة للرباط ، ثم يدور العضو الدوار باتجاه عقارب الساعة ويلف عليه الرباط بكامله يدويا . ويرمى الطرف الآخر للسلك عبر بكرة معلق بها ثقل ، ويثبت هذا الطرف على العضو الدوار . وبعدئذ يتم تدوير العضو الدوار بعكس عقارب الساعة ، مع مراقبة الثقل . فالثقل اثناء دوران العضو الدوار يولد شد السلك ويتحرك على طول محور العضو الدوار من وضع حدى الى آخر (على عرض الرباط) ، وتتوضع لفات السلك بالشد اللازم .

وينصح بالقيم التالية لشد السلك الفولاذى عند التربيط :

قطر السلك، مم	٠,٨	١	١,٢	١,٥	٢
الشد، كغ. ق	٣٠–٤٠	٥٠–٦٠	٦٥–٨٠	١٠٠–١٢٠	١٦٠–٢٠٠

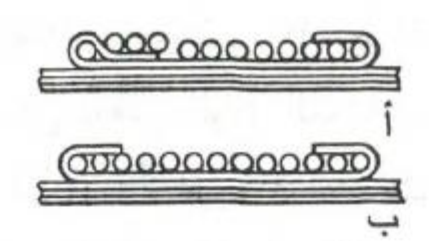
تطرق الاقسام الجبهية للملف قبل لف الاربطة ، وذلك بالمطرقة من خلال تسميكة خشبية ، كى تتوضع على الدائرة بشكل منتظم . وعند تربيط العضو الدوار يوضع عازل تحت الرباط من شرائح الكرتون الكهربائى او من الميكانيت مع الكرتون الكهربائى . ويجب ان تكون التسميكة العازلة

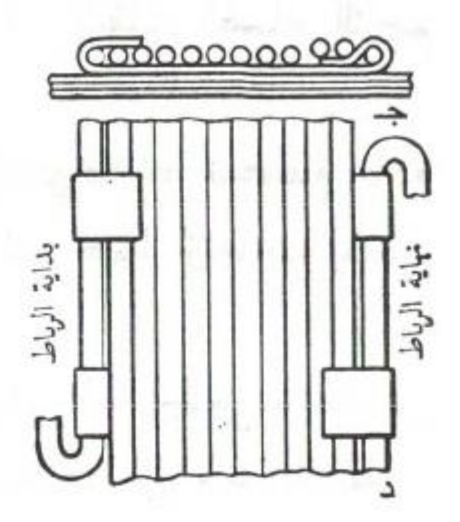
تحت الرباط اعرض وتبرز من تحته بمقدار ١ ــ ٥ مم (تبعا لابعاد المكنة) . وتوضع لفات الرباط على الاقسام الجبهية بدءا من قلب العضو الدوار نحو طرف القسم الجبهى ، وذلك تجنبا لانتفاخها .

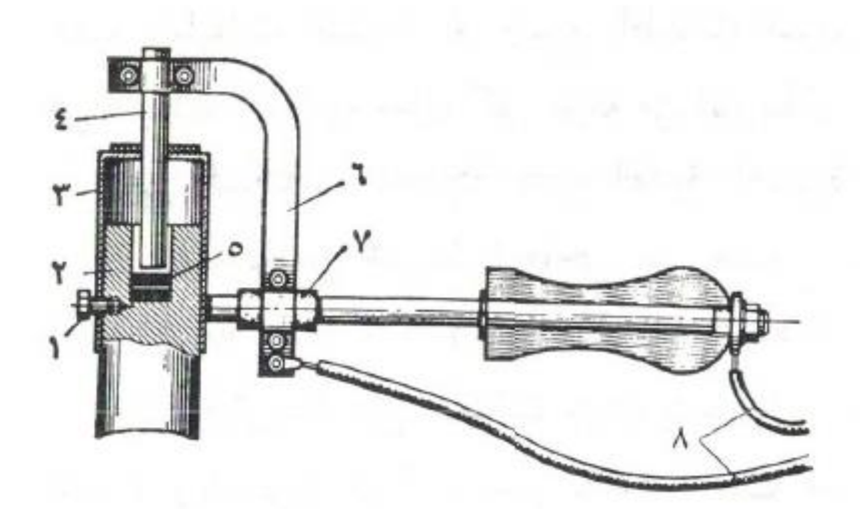
اذا كان قسم الملف الكائن فى المجارى يثبت بواسطة اربطة ، فانه توجد عادة على العضو الدوار اقنية خاصة للاربطة (فى هذا المكان يكون قطر صفائح رزمة القلب أقل) . ويجب ان لا تبرز الاربطة والاقفال التى تثبتها عن السطح الخارجى للعضو الدوار . وفى تلك الحالات النادرة عندما تنعدم الاقنية الخاصة على قلب العضو الدوار ، يجب الحفاظ بدقة على سماكة الاربطة واماكنها كما كانت قبل الاصلاح . ويجب ان لا يزيد عرض الرباط عن ٢٥ ـ ٣٠ مم تجنبا للضياعات الزائدة بسبب التيارات الدوامية فى مقطع الاربطة . وتثبت الاربطة باقواس من الصفيح الابيض ، توضع بانتظام على دائرة العضو الدوار على ان لا تزيد المسافة بين قوس وآخر ١٥٠ ــ ١٦٠ مم .

قبل لف الرباط على القسم الجبهى ، نشد اولا على الملف اربطة مؤقتة من ٣ ــ ٤ لفات توضع على قلب عضو الانتاج واطراف الموحد (توضع شرائح من الكرتون الكهربائى تحت الاربطة المؤقتة) . وبعد شد القسم الجبهى للملف بالاربطة المؤقتة واعطائها الابعاد والشكل المطلوب ، تنزع الاربطة المؤقتة وتوضع الدائمة منها .

يوضع العازل المحضر وعدد شرائح الصفيح الابيض المطلوب بعرض ١٠ ــ ١٥ مم لاقواس التثبيت المرحلى ، تحت اللفة الاولى (الشكل ١٦٢ ، أ) وذلك حسب المخطط (الشكل ١٦٢ ، ب) . ولتثبيت بداية الرباط ونهايته توضع شريحتان على مسافة ١٠ ــ ٣٠ مم ، ويجب تراكب بداية الرباط ونهايته كى لا يضعف الرباط بمعدل لفة واحدة . وبعد لف اللفة الاولى تثنى عليها نهاية شريحة الصفيح الابيض وتلف عليها اللفات اللاحقة (الكل ١٦٢ ، أ) . ويتم ادخال نهاية الرباط بعد لحامه وقصه عن اللفيفة ، الى ثقب قوس التثبيت (الشكل ١٦٢ ، ج) . وتجنبا لفك اللف تثنى نهاية السلك وبدايته كما هو مبين على الشكل ١٦٢ ، د .







الشكل ١٦٢ – تصنيع اطراف الاربطة السلكية : أ – بداية الرباط ، ب – ماسكة بينية، جـ – نهاية الرباط ، د – توضع ماسكة لبداية الرباط ونهايته

الشكل ١٦٣ – كاوى لحام بالقوس الكهربائى : ١ – برغى ايقاف ، ٢ – قضيب نحاسى ، ٣ – طوق نحاسى ، ٤ – الكترود ، ٥ – صفيحة الفحم الكهربائى، ٦ – ماسك الالكترود ، ٧ – عازل من الاسبستوس ، ٨ – سلك توصيل كاوى اللحام مع محول اللحام

تلف عادة الاربطة على قسم الملف الكائن فى المجارى ، بسلك واحد بالانتقال من رباط الى آخر . وبعد تثبيت البدايات والنهايات للاربطة تقص اللفات الانتقالية بالزردية .

تلحم الاربطة الملفوفة كاملا على كل سطحها بواسطة كاوى لحام بالقوس الكهربائى (الشكل ١٦٣) مع قضيب نحاسى قطره ٣٠ – ٤٠ مم ، وذلك لزيادة المتانة ولتجنب تحطم الاربطة بالقوى النابذة التى تولدها كتلة المنف عند دوران العضو الدوار ، ويوصل كاوى اللحام مع محول اللحام . وعند لحام الاربطة فى المكنات الضخمة تستخدم الكاويات العاملة بالقوس الكهربائى المزودة بقضبان تبديلية رؤوسها ذات شكل مقعر ، وذلك لزيادة سطح اللحام ولتحسين ظروف التسخين واللحام .

وفى المكنات الضخمة والسريعة تلف الاربطة على العضو الدوار بعدة طبقات ، بحيث يخفض شد السلك فى كل طبقة لاحقة بمقدار ٨ – ١٠٪ ،

وذلك للتوزيع المنتظم للحمولة الميكانيكية بين الطبقات . وتلف كل طبقة وتلحم بشكل منفصل فى الرباط العديد الطبقات . وفى بعض انواع المكنات الحاوية على اربطة عديدة الطبقات ، تلحم الطبقة الاولى والاخيرة ، وكذلك جميع الطبقات المفردة او جميع الطبقات المزدوجة . ولتقليل الضياع الناجم عن التيارات الدوامية تعزل كل طبقة من الاربطة.

وفى المكنات الحديثة ذات القدرة الصغيرة والمتوسطة ، تستخدم عادة اربطة مصنوعة من شريط زجاجى غير منسوج ، اى خيوط زجاجية باتجاه واحد مشربة بلك ، بدلا من الاربطة السلكية .

تلف الاربطة على مكنات مزودة بتجهيزة لشد الشريط الزجاجى وبمقياس الشد ، وبتجهيزة فرملة تسمح بايقاف اللف مع الحفاظ على شد الشريط . قبل لف الشريط الزجاجى ، يثبت طرفه على عضو الانتاج بعد كبسه على وسط القسم الجبهى بمقدار ١,٥ — ٢ لفة مع الشد غير الكامل للشريط . ثم يزاد الشد حتى ٩٣٠ — ٩٨٠ نيوتن (حتى ٩٥ — ١٠٠ كغ . ق) ، ويدخل تحت الشريط المشد ود طرف شريحة من النسيج الزجاجى عرضها حوالى ١,٥ مرة اكبر من عرض الرباط ، وتلف مرة واحدة حول الاقسام الجبهية لعضو الانتاج . وتوضع لفات شريط التربيط على هذه الشريحة مع الشد الكامل وبتراكب نصفى من اللفة الاولى باتجاه رؤوس الاقسام الجبهية .

وعند حدود الرباط تلف عدة لفات من الشريط ، اللفة الواحدة فوق الاخرى ، فتتشكل عندئذ حافة تلف عليها شريحة النسيج الزجاجى الموضوعة تحت الرباط . وهكذا يظهر مسند يمنع لفات الشريط من الانزلاق باتجاه رؤوس الاقسام الجبهية . ويضغط الطرف المثنى للنسيج الزجاجى من قبل اللفات التالية ، ليشكل محفظة للفات الطرفية للشريط . وتلف جميع اللفات الباقية على شكل صفوف نصف متراكبة ، بحيث تقع بين الحافة وطرف عضو الانتاج . ويجب ان تقع نهاية اللفة الاخيرة فى وسط عرض الرباط ، ولتثبيت هذه النهاية يوضع على الرباط سلك رفيع مطوى على شكل عقدة عموديا على الشريط وتلف عليه اللفات الثلاث الاخيرة من الشريط ، التى يتم لفها الواحدة فوق الاخرى مع تخفيف الشد تدريجيا

الى ما حوالى نصف الشد الاولى . وبعد ذلك يحرر الشريط كاملا ويقص . ثم يثبت طرف الشريط بامراره من خلال الربطة (العقدة) وتحت اللفات الاخيرة . وتلحم اللفة الاخيرة بكاو ساخن . ونتيجة للتسخين فان اللك الذى يتشرب به شريط الرباط يشوى ، ويمسك نهاية الرباط باحكام . ويلف الرباط على الاقسام الجبهية من جهة الموحد دون وضع المحفظة ، لان دور الحافة تقوم به رؤوس صفائح التوحيد .

وتشوى الاربطة من الشريط الزجاجى بعد لفها ، ويحافظ على عضو الانتاج فى فرن بدرجة ١٤٥ — ١٥٠°م لمدة ١٢ ساعة . وخلال هذا الوقت تحصل بلمرة اللك الذى تم تشريب الشريط الزجاجى للرباط به ، ويتحول الرباط الى حلقة مضمتة تحافظ بشكل متين على الاقسام الجبهية للملف اثناء عمل المكنة .

ويمكن تحديد العدد اللازم للفات الرباط من الشريط الزجاجى ЛСБ-F و ЛСБ-B حسب الصيغة التالية :

$$w_g = 0{,}9 \cdot 10^7 \frac{G(D-h_{ch})}{SR_g}\left(\frac{n_{max}}{1000}\right)^2$$

حيث S — مقطع شريط التربيط ، مم٢ ؛ G — كتلة ذلك القسم من الملف (مع العازل) ، الذى يلف عليه الرباط ، كغ ؛ $R_g = 150 \cdot 10^6$ Pa — الجهد الميكانيكى المسموح به للشريط الزجاجى .

وفى العدد الحسابى للفات لا تدخل اللفات التى توضع بدون الشد الكامل لتثبيت بداية الرباط وتسوية سطح الاقسام الجبهية .

وعند استبدال الرباط السلكى بشريط زجاجى ، يمكن ان يتحدد عدد اللفات بالصيغة $w_g = k_g w_{b.w}$ ، حيث k^g — معامل يؤخذ من الجدول ٢٢ ، $w_{b.w}$ — عدد لفات الرباط السلكى .

وتلف الاربطة من الشريط الزجاجى بسماكة ٠,٢ مم مع استخدام الشد التالى :

عرض الشريط، مم	١٠	١٥	٢٠	٢٥
الشد، نيوتن	٧٥٠—٨٠٠	٨٠٠—١٠٠٠	١٠٠٠—١٣٠٠	١٥٠٠—١٨٠٠

الجدول ٢٢

قيم المعامل k_g عندما تكون سماكة الشريط ٠,٢ مم

عرض الشريط، مم	قيم المعامل k_g، عندما يكون قطر السلك، مم							
	٠,٥	٠,٦	٠,٨	١	١,٢	١,٥	١,٦	٢
١٠	٠,٢	٠,٢٨	٠,٥	٠,٧٨	١,١٣	١,٧٧	٢,٠١	٣,١٤
١٥	٠,١٣	٠,١٩	٠,٣٣	٠,٥٢	٠,٧٥	٠,١٨	١,٣٤	٢,١٠
٢٠	٠,١٠	٠,١٤	٠,٢٥	٠,٣٩	٠,٥٦	٠,٨٨	١,٠٠	١,٥٧
٢٥	٠,٠٨	٠,١١	٠,٢٠	٠,٣١	٠,٤٥	٠,٧١	٠,٨٠	١,٢٦

البند ٥٦ – تشريب الملفات وتجفيفها

غالبا ما تتعطل اثناء الاستثمار عوازل الملفات فى المكنات والاجهزه الكهربائية ، بسبب انخفاض مقاومتها الكهربائية (خواص العزل) تحت تأثير الترطب ، والتعتق الحرارى او التآكل الميكانيكى . وتتوقف متانة الملفات الى حد كبير على خصائص المواد العازلة المستخدمة اضافة الى جودة تشريبها باللك العازل كهربائيا ، حيث ان التشريب باللك يبطئ عمليات التعتق الحرارى وترطب المواد العازلة لانه بملئه للمسام يعيق دخول الرطوبة فيها . وان لك التشريب بسمنتته لفات الملف يخفض التآكل الميكانيكى لعوازلها . ونتيجة للتشريب تزداد ايضا المتانة الكهربائية لعازل الملف بسبب ملء المسام والانابيب الشعرية باللك الذى يمتاز بمتانة كهربائية اعلى بكثير من الهواء . وبما أن الموصلية الحرارية للك التشريب الذى يملأ الفراغات والانابيب الشعرية فى الملفات ، اعلى بكثير من الموصلية الحرارية للهواء ، فان تصريف الحرارة للملف المشرب باللك أفضل بكثير عند الاستثمار من الملف غير المشرب ، مما يؤدى الى التخفيض من تسخن الملف ، كما ان تشريب الملفات ودهنها بالمينا المناسب يزيد من متانتها الكيميائية ومقاومتها للغبار وزيوت التشحيم وغيرها .

تتمتع بعض المواد العازلة المستخدمة فى الملفات ، بخاصية امتصاص الرطوبة الموجودة فى الوسط المحيط (الكرتون الكهربائى والخيوط القطنية والاشرطة القطنية وغيرها) ، ويقلل وجود الرطوبة فى المواد العازلة من متانة العازل ومقاومته ، اضافة الى انها تعيق مادة التشريب من النفاذ المسامات والانابيب الشعرية فى الاجزاء العازلة للملف . ولذا فقبل عملية التشريب مباشرة يجب القيام بتجفيف الملف . ويمكن عدم القيام بتجفيف الملف قبل تشريبه اذا كان الملف مصنوعا من مواد صامدة للرطوبة مثل الاسلاك المدهونة بالمينا او الاسلاك المزودة بعازل من الالياف الزجاجية ، أو اذا كان عازل المجارى مصنوعا من الأنسجة الزجاجية او غيرها من المواد العازلة كهربائيا وغير الشريهة للرطوبة ، وغيرها من المواد المشابهة من حيث خواصها العازلة .

يتعلق اختيار درجة الحرارة والمدة لتجفيف الملف قبل تشريبه ، بالمواد العازلة المستخدمة وصمودها للتسخين والاحماء ؛ والتى يجب أن تساهم فى مقاومة العازل للتعتق والتشوه . فكلما كانت درجة صمود المواد المستخدمة فى الملف للحرارة أعلى ، كلما كان بالامكان رفع درجة الحرارة عند التجفيف ، حيث أن درجة الحرارة الاعلى تسمح بالاسراع بعملية التجفيف . فمثلا ، عند زيادة درجة الحرارة للتجفيف المسبق من ١١٠ — ١٢٠° م الى ١٣٠ — ١٤٠° م ، يمكن انقاص مدة التجفيف من ٨ الى ٤ ساعات .

يجرى تجفيف الملف عادة قبل تشريبه فى افران خاصة (حجرات) لمدة ٣ — ٦ ساعات بدرجة حرارة ١٠٥ — ١٣٠° م ، وذلك للملفات التى استخدمت فى صنعها مواد من الصنف A لدرجة الصمود للاحماء ؛ وبدرجة الحرارة ١٢٠ — ١٤٠° م عند درجة الصمود للاحماء E ، وبالدرجة ١٢٠ — ١٥٠° م عند الصنف B ، وبالدرجة ١٤٠ — ١٨٠° م عند الصنف F ، بالدرجة ١٨٠ — ٢٢٠° م عند الصنف H .

تشرب الملفات المجففة فى احواض تشريب خاصة توضع فى مبنى خاص مزود بتهوية شافطة وجارية ، ومجهز بكافة الوسائط اللازمة لاطفاء الحريق . وينفذ التشريب عادة بتغطيس الملفات المراد تشريبها او الاجزاء

مع الملفات ، فى حوض مملوء باللك ، ولذا فان ابعاد الحوض يجب ان تكون محسوبة على ابعاد الاجزاء الجارى تغطيسها

ولرفع خواص تغلغل اللك وتحسين جودة التشريب تزود الاحواض باجهزة تسخين اللك .

غالبا ما تستخدم لتشريب الملفات انواع اللك الزيتى- الزفتى — والعضوى — السليكونى . ويجب ان تتمتع لكات التشريب بلزوجة قليلة وبمقدرة جيدة على التغلغل ، بحيث تضمن التغلغل العميق الى جميع المسام فى العازل الجارى تشريبه . ويجب ان يكون اللك خاليا من المواد التى قد تؤثر بشكل مضر على اسلاك الملف وعوازله ، ويجب ان يتمتع اللك بالصمود لمدة طويلة ضد تأثير درجة الحرارة العاملة ، دون ان يفقد خواصه العازلة اثناء ذلك .

وتشرب الملفات مرة واحدة ومرتان او أكثر ، تبعا لظروف الاستثمار (بشكل خاص تبعا للوسط المحيط) ، ولتصميم الملف ، وللمواد العازلة المستخدمة ، وخواص لك التشريب وطريقة التشريب .

قبل تشريب الملف بطريقة التغطيس فى اللك ، يجب تسخين الملف الى درجة الحرارة ٦٠ — ٧٠° م . ويكون زمن التغطيس ٢٠ — ٣٠ دقيقة عند التغطيس الأول للملف المسخن سابقا ، وفى التغطيسات اللاحقة يجب انقاص زمن التغطيس حتى ١٠ — ١٥ دقيقة . وعند تغطيس ملفات المكنات الكهربائية ، الموضوعة فى المجارى ، يجب وضع الملفات بحيث يخرج الهواء من اللك بشكل افضل ، اى يجب ان تكون المجارى فى الوضع الشاقولى او المائل .

ولا داع لتسخين الملف قبل تغطيسه فى اللك، اذا كان تشريبه بلك يتم بدون مذيب ، الا أن زمن التشريب يزداد عندئذ مرتين ، وينصح باستخدام هذه اللكات عندما يحتاج الامر الى متانة ميكانيكية مرتفعة ، غير أنها لا تستخدم لتشريب عوازل الملفات المرتفعة الصمود للرطوبة ، لأنها تتميز بمقاومة صغيرة نسبيا للرطوبة .

ومن الضرورى عند تشريب الملفات التأكد من لزوجة اللك فى

الحوض مرات عديدة ، لان المواد الحالة تتبخر تدريجيا ويصبح اللك كثيفا ، وتنخفض عندئذ قدرته على التغلغل داخل عازل الملف . وللحفاظ على القدرة المطلوبة لتغلغل اللك يضاف المذيب دوريا الى حوض التشريب ، وتتحدد كميته بالعلاقة : $P_{ad} = K_1 \frac{D_b}{D_s} \left(\frac{N_b}{N_{ad}} - 1 \right)$ حيث P_{ad} — الكمية المضافة من المذيب ، كغ ؛ K_1 — كمية اللك فى حوض التشريب ، كغ ؛ D_b — كثافة اللك فى الحوض غ /سم٣ ؛ D_s — كثافة المذيب ، غ /سم٣ ؛ N_b — نسبة المواد غير الطيارة فى الحوض ، بالنسبة المئوية الكتلية ؛ N_{ad} — النسبة المرجوة للمواد غير المتطايرة بعد اضافة المذيب ، بالنسبة المئوية الكتلية .

كما ذكر اعلاه ، تضاف كمية معينة من المذيبات الى اللك من اجل التغلغل الأعمق للكات التشريب العادية الى المسام والاوعية الشعرية فى عوازل الملفات . وتتبخر المذيبات اثناء التجفيف الجارى بعد التشريب ، اما اساس اللك فيبقى داخل العازل . وبما انه يتحرر بعد التجفيف قسم من التجاويف التى كانت مشغولة سابقا بالمذيبات ، ويدخل الهواء الى مكان المذيبات المتبخرة ، فانه لا يمكن بهذه الطريقة التوصل الى املاء جميع التجاويف والمسام الموجودة فى عوازل الملف .

والطريقة الافضل لادخال مواد التشريب فى عازل الملف هى تشريبه بمواد مركبة تحت الضغط وبعد التجفيف المسبق للملف بالتفريغ . وتميع عادة المواد المركبة المستخدمة لهذا الغرض بتسخينها حتى درجة حرارة معينة (تبعا لتركيب هذه المواد) . وعندئذ يجفف الملف اولا بالتفريغ ، حيث يتم التخلص التام من الرطوبة فى العوازل ، ثم يغطس الملف فى المركب المسخن ويرفع الضغط ، مما يساعد فى التغلغل الاعمق لكتلة التشريب الى داخل العازل .

تجرى هذه العملية بكاملها فى المحم الموصد (السخان) المزودة بتجهيزة للتسخين وشفط الهواء والابخرة المنطلقة عند التفريغ ، ولزيادة الضغط عند تشريب المنتوج بالمركب . وبعد تشريب المنتوج والمعالجة الحرارية

المناسبة يتكثف المركب (يتبلمر) ، وعندما يبرد تتشكل كتلة واحدة متماسكة . وتحتوى ورشات ومصانع كبيرة خاصة باصلاح الاجهزة الكهربائية عادة على وحدات متخصصة لتشريب الملفات بالمركبات .

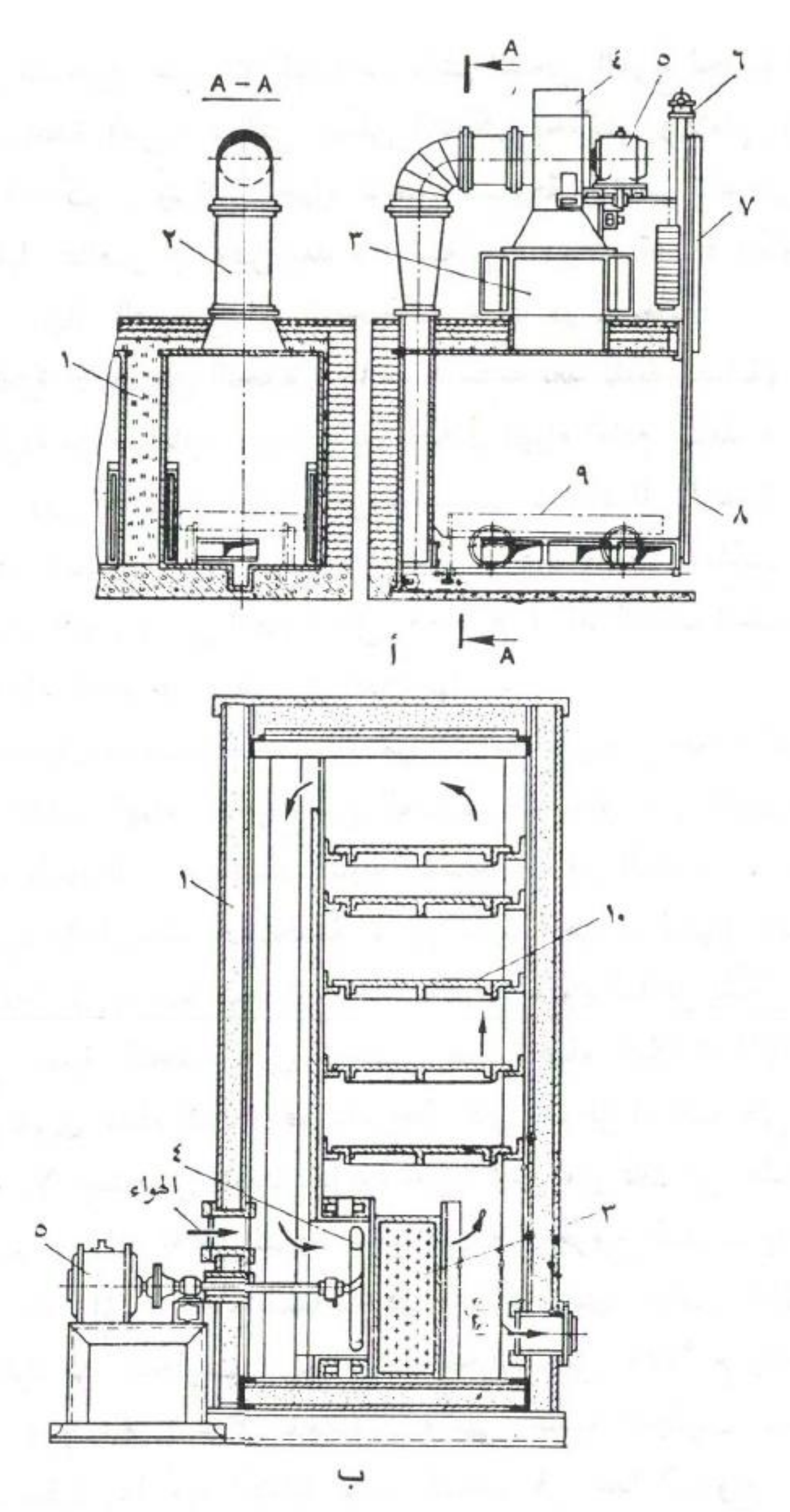
وتوجد كذلك طرق اخرى لتشريب عازل الملف باللكات والمركبات العازلة ، ومنها طريقة التشريب بالسكب والتنقيط والخ . غير ان هذه الطرق نادرا ما تستخدم فى التطبيق العملى عند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات .

وعند القيام بالاصلاحات السريعة وفى حالات الطوارئ ، تشرب الملفات بلك رقم ١٥٢ يجف بسرعة ، وهو لك زيتى- راتنجى يجف فى الدوجة ٢٠° م خلال ٣ ــ ٤ ساعات ويشكل غشاء يتمتع بصمود جيد ضد الرطوبة ومقدرة جيدة للعزل .

وبعد التشريب بلكات عادية وعازلة كهربائيا ، تجفف الملفات فى حجرات خاصة (افران) مسخنة بالهواء (الشكل ١٦٤) . وتقسم حجرات التجفيف حسب طريقة التسخين الى حجرات ذات تسخين كهربائى أو غازى او بالبخار ، اما من حيث مبدأ دوران هواء التسخين فان الحجرات تقسم الى حجرات ذات جريان طبيعى وحجرات ذات جريان قسرى (اصطناعى) ، ومن حيث نظام العمل تقسم حجرات التجفيف الى حجرات عاملة دوريا أو عاملة باستمرار .

وبهدف الاستفادة الافضل من حرارة الهواء المسخن ولتحسين نظام التجفيف فى الحجرات ، تستخدم طريقة يعود فيها ٥٠ ــ ٦٠٪ من الهواء الساخن مجددا الى حجرة التجفيف لاستخدامها مرة ثانية . ولتجفيف الملفات ، تستخدم حجرات التجفيف بالتسخين الكهربائى فى غالبية المصانع والورشات الخاصة بالاصلاح الكهربائى .

ان حجرة التجفيف بالتسخين الكهربائى عبارة عن هيكل ملحوم من الفولاذ ، يوضع على أرضية من الخرسانة (أى البيتون) جدرانه من القرميد المغطاة بطبقة من القطن الخبثى . ويسخن الهواء القادم الى الحجرة باجهزة تسخين كهربائية مؤلفة من طاقم من السخانات الكهربائية الانبوبية ، وتصل



الشكل ١٦٤ – حجرات التجفيف :

أ – المزودة بتسخين كهربائى واعادة تدوير الهواء ، ب – المزودة بتسخين بالبخار وبدون اعادة تدوير الهواء ؛ ١ – عازل حرارى ، ٢ – علبة توصيل ، ٣ – جهاز تسخين ، ٤ – مروحة ، ٥ – محرك كهربائى ، ٦ – آلية رفع الباب ، ٧ – باب الحجرة ، ٨ – الموجهات ، ٩ – عربة ، ١٠ – رف شبكى

قدرة جهاز التسخين حتى ٣٦ كيلوواط . ويتم الشحن والتفريغ لحجرة التجفيف الكبيرة بمساعدة العربة ، التى يمكن التحكم بحركتها (للامام والخلف) من لوحة التحكم . وتركب أجهزة تشغيل المروحة وعناصر التسخين بحيث يمكن تشغيل عناصر التسخين بعد بدء تشغيل المروحة فقط ، وتكون حركة الهواء عبر جهاز التسخين الى الحجرة بموجب دورة مغلقة .

فى الفترة الاولى من التجفيف (١ ـ ٢ ساعة بعد بداية العملية) ، عندما تتبخر الرطوبة من الملفات بسرعة ، يتم اطلاق الهواء العادم بكامله من الحجرة الى الجو . وفى الساعات اللاحقة من التجفيف ، يعاد الى الحجرة قسم من الهواء العادم والحوى على نسبة ضئيلة من الرطوبة وأبخرة المذيب. وتصل درجة الحرارة القصوى فى الحجرة حتى ٢٠٠° م ، أما الحجم المفيد الداخلى فيتحدد بابعاد المنتوجات الجارى اصلاحها .

اثناء تجفيف الملفات تفحص باستمرار درجة الحرارة فى حجرة التجفيف ؛ ويفحص كذلك الهواء الخارج من الحجرة . وبتعلق زمن التجفيف ببنية المنتوجات وأبعادها ، وبالمواد العازلة المستخدمة فى الملفات ، وبخواص لك التشريب والمذيبات المستخدمة ، وبالقدرة الحرارية لجهاز التسخين . وتوضع الملفات فى حجرة التجفيف بحيث تتعرض للهواء الساخن بشكل أفضل .

تنقسم عملية التجفيف الى مرحلتين هما احماء الملفات لازالة مذيب اللك ، ثم شوى غشاء اللك . ففى المرحلة الاولى يسخن الملف حتى ١٠٠ ـ ١١٠° م ، ولا يستحسن تطبيق درجة حرارة اعلى من ذلك فى هذه المرحلة من التجفيف ، وذلك تلافيا لشوى عشاء اللك قبل خروج المذيب بالكامل ، مما يؤدى عادة الى حدوث المسامية فى العشاء وتردى خواص العزل . وفى المرحلة الثانية من التجفيف ترفع درجة الحرارة حتى ١٣٠° م (للعوازل من الصنف A) ولمدة ٢ ـ ٣ ساعات . وتنتهى عملية التجفيف بعد انجاز المقاومة المستقرة بما فيه الكفاية لعازل الملف فى هدا المنتوج .

ادا لم يتسن تجفيف الملف الى درجة كافية (مقاومة العازل لا تزال منخفضة بعد عدة ساعات من التجفيف) ، فيبرد الملف عندئذ حتى درجة تزيد ١٠ ـ ١٥° م عن درجة الهواء المحيط ، ومن ثم يجفف من

جديد . وعند التبريد يجب الانتباه دوما كيلا تساوى درجة حرارة الملف لدرجة حرارة الهواء المحيط، وذلك لان الرطوبة سرعان ما تتكثف على الملف فيترطب الملف .

تدهن عادة الاقسام الجبهية للمكنات الكهربائية بعد تجفيفها بطبقة رقيقة من المينا ، بحيث يتشكل غشاء رقيق اضافى املس ، يحمى الملف من الغبار والاوساخ ، ويزيد كذلك من متانته الميكانيكية وصموده للرطوبة .

ونحصل على افضل نوعية للدهان بالمينا بطريقة البخ ، ويمكن كذلك الدهان بالفرشاة . ولكى يكون الترابط افضل بين المينا والملف المشرب يجب دهان الملف بعد تسخينه حتى ٥٠ — ٧٠° م ، كما ونحصل عادة على نوعية جيدة لغشاء الدهان اذا كانت سماكته فى حدود ٠,١ — ٠,١٥ مم، أما الطبقة الاسمك التى تحصل نتيجة الدهان بالمينا لمرة واحدة ، فهى تجف بشكل ردئ وتكون قليلة المرونة وترابط بشكل اردأ مع الملف بسبب المذيب الباقى فى الاعماق . وللحصول على طبقة سميكة من المينا يتم الدهان عدة مرات بعد تجفيف كل طبقة . ولتجفيف المينا يوضع الملف فى حجرة التجفيف بدرجة حرارة ٦٠ — ٨٠° م .

وفى المؤسسات الضخمة للاصلاح الكهربائى ينفذ التشريب والتجفيف بوسيطة وحدات تشريب وتجفيف خاصة .

ومن الجدير بالذكر أن لكات التشريب والمذيبات ودهانات المينا هى مواد سامة وقابلة للاشتعال بسرعة ، لذا يجب حفظها فى اماكن لا تقل درجة الحرارة فيها عن ٨٠° ولا تزيد عن ٢٥° م . ويجب ان يكون المستودع الذى تحفظ فيه هذه المواد مزودا باجهزة التهوية ووسائل الاطفاء . ويجب انجاز الاعمال المتعلقة باللكات والمينا والمذيبات فى قفازات مصنوعة من النسيج المقطرن او فى قفازات خاصة ونظارات واقية وصدرية مطاطية . وتذاب اللكات بالكميات التى تلبى الحاجات الجارية فقط ، ولا تحضر كميات احتياطية منها .

البند ٥٧ – انجاز اعضاء الانتاج

ينحصر انجاز اعضاء الانتاج في عدد من العمليات التى ينتهى بها الاصلاح . وتنفذ غالبية هذه العمليات بعد جميع الاعمال المرتبطة بالملف (تنزيل الملف وتثبيته ولحام المخطط ووضع الاربطة والتشريب والتجفيف) . غير ان قسما من العمليات الانجازية يجب ان ينفذ قبل الاعمال المذكورة اعلاه ، مثلا يمكن القيام بعملية التثبيت للأكمام المصنوعة من الميكانيت فى الموحدات من النوع القوسى ، فقط بعد تنزيل الملف (فورا بعد تركيب الموحد المصلح على العمود) .

ينتقل الضغط فى الموحد من النمط القوسى من المخاريط الضاغطة ، فقط الى سطح البروز فى صفائح الموحد ، ولذا تبقى شقوق صغيرة بين السطوح الداخلية للصفائح وبين الاكمام المصنوعة من الميكانيت .

عند عمل المكنة يدخل غبار الغرافيت من الفراشى الى هذه الشقوق ، مما يؤدى الى قصر الدائرة بين صفائح التوحيد . ويترسب الغبار من الفراشى ايضا على النهايات البارزة لأكمام الميكانيت ، لتشكل جسور ناقلة بين حواف المخاريط الضاغطة وبين صفائح التوحيد مما يؤدى الى تعطيل المكنة . وبالاضافة الى ذلك ، فأثناء عمل المكنة تتشقق الاقسام البارزة لأكمام الميكانيت وتتفتت مما يؤدى ايضا الى الاخلال بعوازل الموحد .

لكى نتجنب الظواهر السلبية المذكورة اعلاه ، توضع أربطة من شريط الكيبر أو خيط التربيط (من جهتى الموحد) على الاقسام البارزة لأكمام الميكانيت للموحد . ويغطى سطح الاربطة والجوانب الطرفية لصفائح الموحد والسطوح الحرة المتبقية لأكمام الميكانيت بطبقة من المينا او اللك لكى تكسب السطح الاملس اللماع ، الذى لا يستقر عليه غبار الفراشى . وتنفذ التغطية باللك عادة بثلاث او اربع طبقات للحزام العازل ولحواف صفائح الموحد وفلكات الموحد ، بدهان المينا الراتنجى مع التجفيف اللاحق لكل طبقة فى حجرة التجفيف . وقبل وضع الطبقة الاخيرة من المينا يجب تنظيف سطح الحزام العازل بورق زجاج .

يركب الموحد المصلح على العمود بعد معالجته الاولية (اذا احتاج الامر لذلك) على المخرطة . وتنفذ المعالجة النهائية للموحد (الخراطة والتجليخ والتنعيم لسطحه) بعد انتهاء جميع الاعمال المرتبطة بالملف ، بما فى ذلك تشريبه وتجفيفه . وعند القيام بالمعالجة النهائية للموحد يجب اعارة الانتباه بشكل خاص الى تأمين الحد الادنى من حيدان الموحد أثناء عمليه ، لأنه حتى القيمة الصغيرة للحيدان (حوالى ٠,٠٥ ــ ٠,٠٦ مم) تنعكس بشكل سئ جدا على عمل اجهزة الفراشى ، وخاصة فى المكنات العالية السرعة .

تنفذ المعالجة النهائية للسطح العامل للموحد عادة على المخرطة بعد تشريب عضو الانتاج وتجفيفه ، ويستند طرف العمود على المركز الدوار للمخرطة ، اما عنق العمود فيستند على حامل ، وبذلك يتم التوصل الى وحدة مركز السطح المعالج للموحد مع عنق العمود . ونتيجة لذلك ، سوف يكون حيدان الموحد مقدارا ضئيلا أثناء دوران عضو الانتاج فى مدارج (محامل) المكنة . وتجرى معالجة موحدات المكنات الفائقة السرعة وذات القدرة غير الكبيرة ، بعد ان تركب المدارج على عمود عضو الانتاج ، بحيث تثبت الحلقات الخارجية للمدارج فى المخرطة ، أما عضو الانتاج مع الموحد فيتلقى حركته الدورانية عن طريق جهاز تحريك منفصل بقشاط مرتبط بقلب عضو الانتاج .

عند المعالجة الانجازية (الخراطة) يعالج الموحد بواسطة قلم القطع المزود بلقم كربيدية ، وبسرعات قطع عالية مع اقل تغذية واقل عمق قطع ، مما يسمح بالحصول على سطح اكثر ملاسة للموحد . وعند خراطة الموحد يجب فحص حيدان عضو الانتاج بعناية بواسطة المؤشر .

نضطر اثناء الاستثمار الى خراطة موحد المكنة دوريا ، بعد ان أصبح سطحه غير مستو بسبب التآكل غير المنتظم . وتخرط موحدات المكنات ذات القدرة الصغيرة والمتوسطة بعد فك المكنة . اما فك المكنات الضخمة فهو فيرتبط غالبا بالصعوبات الكبيرة والتوقف الطويل الامد للمعدات الغالية الثمن ، وفى هذه الحالات يخرط الموحد دون فك المكنة ، بحيث يدار عضو الانتاج فى مدارجه بمساعدة محرك اضافى يوصل بقارنة مع المكنة

الجارى اصلاحها . فاذا صادفت عملية تركيب المحرك المساعد صعوبات معينة ، فانه يمكن القيام بخراطة الموحد مع تدويره بعزم التدوير الذاتى له . ولهذا الغرض توصل المكنة بفلطية مخفضة ، وتحدد السرعة على محيط دائرة الموحد بحوالى ١٢٠ متر/دقيقة . وتنزع الفراشى العاملة من جميع حوامل الفراشى تجنبا لضررها ، وتوضع الفراشى المتآكلة فى احد الحوامل على كل قوس . ويوضع قلم القطع بدقة قدر الامكان على الخط المحايد للمكنة ويعزل عن السرج بتساميك من الكرتون او الورق المشرب بالراتنج . وتستخدم فى هذه الحالات اسراج نقالة خاصة تركب على بلاطة الاساس وتثبت بجساءة تجنبا للارتجاج اثناء العمل .

عند عمل الموحد تتآكل الصفائح النحاسية بشكل اسرع من التساميك العازلة من الميكانيت الموجودة بينها ، وتؤدى العوازل الميكانيتية البارزة فوق صفائح الموحد ، الى ارتجاج الفراشى والاخلال بتماسها مع الموحد ، فينجم عن ذلك الشرر فقد تتعطل المكنة ، وتلافيا لذلك ، تنظف الدروب بين صفائح الموحد بعد الانتهاء من خراطة الموحد .

تنحصر عملية فتح الدروب فى تعميق عازل الميكانيت الموجود بين صفائح الموحد بمقدار ٠,٤ — ١ مم (تبعا لابعاد الموحد) عن طريق قص الميكانيت . ويغطى سطح الموحد عندئذ بأقنية طولانية بين صفائح التوحيد (دروب) ، ومن هنا جاءت التسمية لهذه العملية . وفى التطبيق العملى تفتح الدروب يدويا فى غالبية المكنات ذات الموحد والصغيرة القدرة والمتوسطة ، بمساعدة جزء من منشار سماكته تعادل سماكة الميكانيت . ويثبت المنشار بالبراغى على شياق خشبى . ويجب تغطية ملف عضو الانتاج بكيس واق ، تجنبا لوقوع برادة النحاس فيه ، وبعد فتح الدروب فى الميكانيت بواسطة مكشطة يدوية تنزع حواف صفائح التوحيد كما هو مبين على الشكل ٤١ ، ب.

ولفتح الدروب فى موحدات المكنات الضخمة تستخدم فرائز يدوية نقالة بحيث توجه سكينة التفريز اثناء العمل بواسطة بكرة تتدحرج فى القناة المجاورة ، اما التغذية فتنفذ يدويا . وتؤخذ سماكة سكينة التفريز مساوية لسماكة تسميكة الميكانيت الموجودة بين صفائح التوحيد ، وأما

قطرها فيجب ان يكون أصغر ما يمكن، لان السكينة الكبيرة القطر يمكن ان تصطدم بروؤس الموحد .

ومن الجدير بالذكر انه تستخدم فى الآونة الاخيرة موحدات تركب على البلاستيك (انظر الشكل ٤١ ، د) مزودة بتساميك عازلة مصنوعة من الميكانيت ، تستخدم هذه الموحدات فى العديد من المحركات السريعة الأحادية الطور فى الأدوات الكهربائية النقالة ، التى تتراوح قدرتها من ٠,٢ الى ٢ كيلوواط وعدد دوراتها يتراوح من ١٢٠٠ الى ١٨٠٠ دورة/دقيقة . وتكون سرعة تآكل النحاس والميكانيت واحدة تقريبا اثناء عمل الموحد ، لذا لا تفتح الدروب فى مثل هذا الموحد، بل يترك املس، مما ينعكس بشكل جيد على عمل الفراشى التى تكون ضيقة فى المكنات من هذا النوع .

ولازالة آثار قلم القطع التى تتشكل عند خراطة الموحد ، وكذلك لازالة الشقوق والزوائد التى قد تظهر على الموحد عند فتح الدروب عليه ، يتعرض الموحد للتجليخ ثم التلميع . ويتم التجليخ باقراص جلخ مصنوعة من مادة غير موصلة للتيار . وقد حظيت باوسع استخدام اقراص الجلخ المصنوعة من المادة الاصطناعية التى يدخل الخفاف ضمن تركيبها ، ويستخدم كذلك الخفاف المشرب بالكيروسين . ويجب أن يكون سطح أقراص تجليخ الموحدات اسطوانية الشكل تماما ، والا فان الحيدان سيظهر فى الموحد بعد التجليخ .

ينحصر الانجاز النهائى للموحد بتلميع سطحه بواسطة اللقم الخشبية التى تم تشغيلها حسب نصف قطر السطح الاسطوانى للموحد ، والتى تغطى بورق زجاج ناعم أو بمعجون تلميع .

وفى التطبيق العملى غالبا ما يتم الجمع بين عمليتى التجليخ والتلميع لسطح الموحد . ويكفى احيانا القيام بتلميع الموحد فقط ، وذلك بازالة السناج وتسوية الخشونة الظاهرة على سطحه .

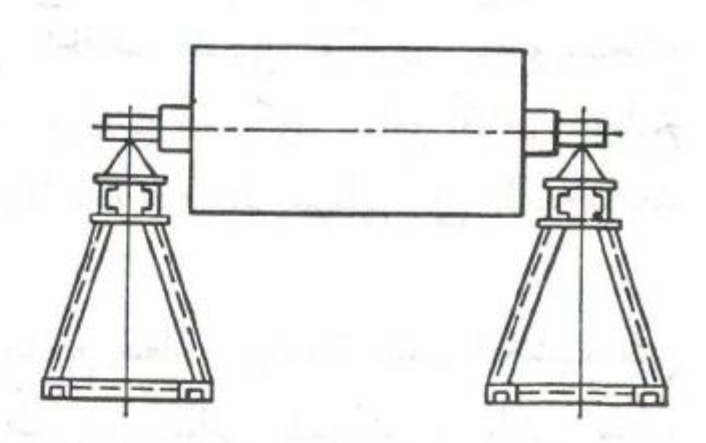
وتعتبر موازنة عضو الانتاج العملية الختامية لانجازه ، وبما أن عضو الانتاج هو الدوار فى المكنة الكهربائية يتم دورانه بشكل هادئ ودون ارتجاج زائد فقط اذا وقع مركز ثقله على محور الدوران ، أما اذا جرى عكس ذلك

فيظهر الارتجاج والحيدان ، كما انه اذا لم تكن المكنة مثبتة على الاساس بصورة كافية ، فانها تبدأ «بالزحف» .

بالرغم من أن عضو الانتاج فى المكنة يتمتع بشكل اسطوانى ويجب ان يقع مركز ثقله على محور الدوران ، غير انه فى الواقع العملى لا ينطبق كقاعدة عامة مركز ثقل عضو الانتاج مع محور دورانه، وذلك بسبب عدم التناظر الحتمى الذى لامفر منه ، والناجم عن الاقسام الجبهية للملف والعوازل والاربطة . ولكى نتوصل الى تطابق مركز الثقل مع محور الدوران ، نضطر الى توزيع اثقال صغيرة اضافية توضع فى اماكن معينة ، او نضطر الى نزع قسم من المعدن لتخفيف عضو الانتاج فى مكان معين وتسمى هذه العملية بالموازنة .

وهناك الموازنة الاستاتية (الساكنة) التى تنفذ عندما يكون عضو الانتاج بدون حراك موضوعا على سكاكين (مساطر) ، والموازنة الدينامية التى تنفذ عند دوران الجزء الجارية موازنته .

عند الموازنة الاستاتية (الشكل ١٦٥) يوضع عضو الانتاج (العضو الدوار) للمكنة الكهربائية المتوضعة بشكل أفقى تماما ، على سكاكين التوازن (المساطر) بحيث يستند عمود عضو الانتاج على السكاكين ويستطيع التدحرج عليها بحرية .

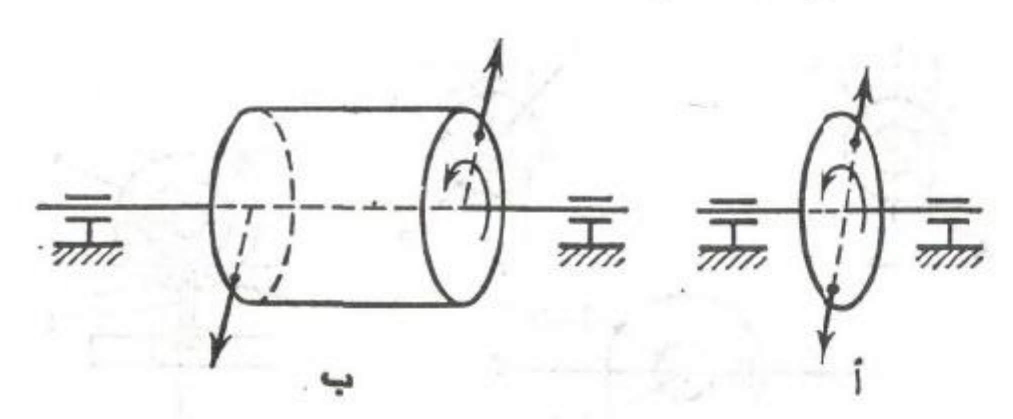


الشكل ١٦٥ – موازنة استاتية للعضو الدوار على السكاكين

ويدور عضو الانتاج على سكاكين التوازن قوة الثقل تحت تأثير بحيث يقع جزوءه الاثقل فى الاسفل ، اى يقع مركز ثقله تحت محور الدوران . ولتعويض عدم التوازن من الضرورى ان نضع ثقل الموازنة فوق محور الدوران . وكلما كانت المسافة أكبر بين محور الدوران وثقل الموازنة ، كلما كانت الكتلة المطلوبة لهذا الثقل اصغر . ويتم اختيار الثقل الموازن

بحيث نحصل على الموازنة ، اى كى يبقى الجزء الجارية موازنته على السكاكين دون ان يتدحرج فى اى وضع يشغله .

لا تكفى الموازنة الاستاتية بالنسبة لاعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة الطويلة فى المكنات السريعة ، وذلك لان مركز ثقل العضو الدوار غير المتوازن ، والثقل الموازن يمكن ان يتوضعا بعد الموازنة الاستاتية على مسافات مختلفة على طول المكنة ، فيتولد بسبب ذلك عزم تدوير اثناء دوران العضو الدوار تحت تأثير القوة النابذة ، ويتجه هذا العزم على طول المكنة ويسبب ارتجاجها أثناء العمل (الشكل ١٦٦) . ولا يمكن ازالة عدم التوازن هذا



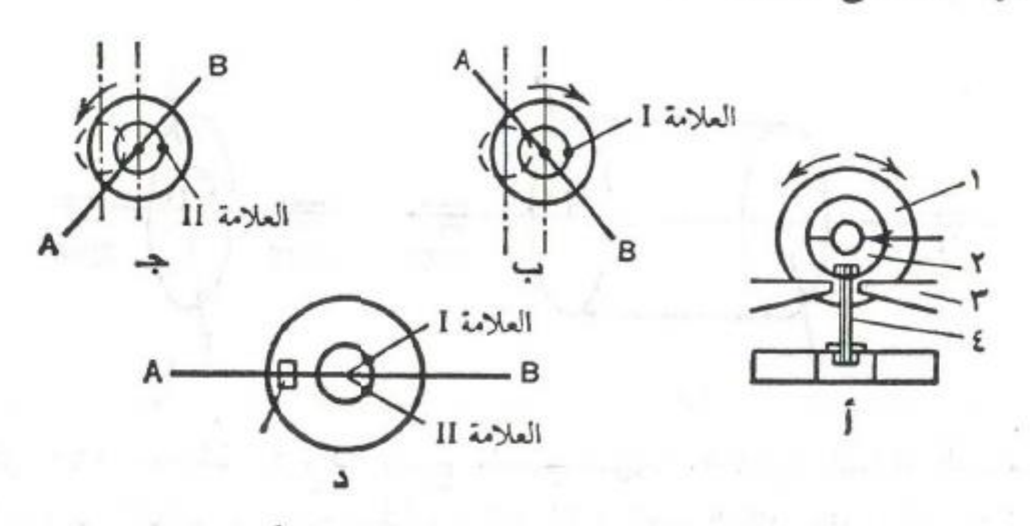
الشكل ١٦٦ — مخطط كروكى لشرح مفاهيم الموازنة الاستاتية والموازنة الديناميكية :
أ — قرص التوازن ، ب — اسطوانة موازنة افقيا (عدم التوازن الديناميكى يتبقى)

الناجم عن تأثير القوى النابذة بطريقة الموازنة الاستاتية ، بل تحل هذه المسألة بالموازنة الدينامية فقط ، التى يثبت الثقل الموازن عندها بحيث يولد هذا الثقل عند دورانه عزما تساوى قيمته قيمة العزم الناجم عن عدم التوازن ويتجه عكس اتجاهه .

قبل القيام بالموازنة الدينامية يجب فحص السطوح العاملة للعضو الدوار (أعناق العمود وطرفاه ، الموحد ، حلقات التماس ، قلب العضو الدوار) للتأكد من عدم وجود الحيدان ، وازالته عند اللزوم . واذا احتاج الأمر عند تركيب العضو الدوار على مكنة التوازن الى استخدام شياقات ما ، يجب التأكد من عدم حيدانها وتوازنها . ويجب ان لا تتواجد على العضو الدوار اجزاء مثبتة بشكل ردئ ، لانه يستحيل تنفيذ عملية الموازنة فى هذه الحالة .

تنفذ الموازنة الدينامية للاعضاء الدوارة فى المكنات المتوسطة وغير الكبيرة

على مكنات توازن خاصة ، مع العلم بان مكنات التوازن الاوتوماتية الحديثة المستخدمة فى مصانع بناء المكنات الكهربائية ، مزودة بمخططات الكترونية وكهروطيسية معقدة ، تبين مكان تثبيت الثقل الموازن ومقدار الثقل الموازن اللازم على الفور من تشغيلها وبدقة كبيرة . غير ان هذه المكنات تكلف ثمنا غاليا ، كما أنها محسوبة لموازنة اصناف معدودة فقط من الاجزاء (من حيث الكتلة والطول والقطر) ، ولذا يندر استخدام مثل هذه المكنات فى الاصلاح ؛ وعلى الأغلب تستخدم مكنات توازن بسيطة نسبيا يوضح مبدأ عملها الشكل ١٦٧ .



لشكل ١٦٧ — مخططات الموازنة الديناميكية :
أ — مخطط المكنة ، ب — علامة عند تدوير عضو الانتاج حسب اتجاه عقارب الساعة ، جـ — علامة عند تدويره بعكس عقارب الساعة ، د — تحديد مكان تثبيت الثقل الموازن .

من أجل انجاز التوازن الدينامى يوضع العضو الدوار ١ فى المدارج ٢ للمكنة (الشكل ١٦٧ ، أ) . وتثبت هذه المدارج على نوابض مسطحة ٤ ، ويمكن حصرها بين المساند ٣ أو تستطيع أنجاز الاهتزازات الحرة سوية مع النابض . ويدار العضو الدوار بمساعدة محرك كهربائى ، وسوف تسعى القوة النابذة الظاهرة عندئذ بسبب عدم التوازن ، والموجهة قطريا تسعى هذه القوة الى هز مدارج المكنة . وللقيام بالموازنة تثبت أحدى المدرجتين ، أما المدرجة الاخرى فتتحرر وتهتز تحت تأثير عدم التوازن . وتوضع علامة بقلم ملون فى نقطة اقصى انحراف للعضو الدوار ، على سطح ما للعضو الدوار مشغل بشكل دقيق ومتمركز مع محور العمود . غير أنه لا تسمح هذه

النقطة بعد بتحديد مكان عدم التوازن بدقة كافية ، وذلك لأن أكبر انحراف للعضو الدوار يتأخر قليلا عن مكلن عدم التوازن . ويتعلق هذا التأخر بنسبة عدد الدورات الى عدد الاهتزازات الخاصة للعضو الدوار على المساند .

عند تطابق عدد دورات العضو الدوار مع عدد الاهتزازات الخاصة به يحصل طنين وتصبح الاهتزازات بأقصى مدى . وعند نشوء الطنين تكون قيمة التأخر قريبة من ٩٠° ، وبالتالى يمكن ايجاد مكان عدم التوازن على العضو الدوار بالعد من وسط العلامة ٩٠° الى الامام باتجاه الدوران ، ويتحدد مكان تركيب الثقل الموازن بالعد ٩٠° بعكس اتجاه الدوران .

اذا كانت الموازنة تنفذ بعدد دورات اقل من العدد الطنينى فاننا نضع علامتين لتحديد موضع عدم التوازن (العلامتان I و II على الشكل ١٦٧ ، ب ، ج ، د) باقلام ذات الوان مختلفة عند اختلاف اتجاه الدوران . ويرمز لمستويات عدم التوازن على الاشكال بالخطوط AB ، المزاحة بالنسبة للعلامتين بزاويتين متساويتين باتجاه دوران العضو الدوار كما هو مبين بالاسهم . وفى الشكل ١٦، د تنطبق الخطوط AB ، لذا فان العلامتين I و II مزاحتان على الدائرة . عندئذ يقع عدم التوازن فى الوسط بين العلامتين ، اما الثقل الموازن Б فيوضع فى النقطة المقابلة قطريا على دائرة العضو الدوار . ويتم اختيار قيمة الثقل بطريقة تجريبية حتى يختفى ارتجاج المدرجة . وبعد الانتهاء من موازنة طرف واحد لعضو الانتاج ، تثبت هذه المدرجة دون تحريك ، أما المدرجة الثانية فتحرر ، ونقوم بالموازنة هنا بطريقة مشابهة . ومن ثم نكرر موازنة الطرف الاول ، وفى حال الضرورة نضع ثقلا اضافيا .

تنفذ موازنة الأعضاء الدوارة فى المكنات الضخمة ذاتها على مدارجها الخاصة . ولهذا الغرض يتم اقلاع الىمكنة بدون تحميل ويقاس ارتجاج المدارج بمساعدة اجهزة قياس خاصة . وفى حال عدم توفرها يقاس الاهتزاز بالمؤشر المثبت على قاعدة ثقيلة . وبعد ضغط محساس المؤشر على الجزء المهتز ، نحدد مقدار سعة الاهتزازات . غير انه يجدر بنا ان نذكر ان عملية الموازنة الدينامية للاعضاء الدوارة فى المكنات الضخمة وفى مدارجها ، هى عملية

معقدة الى حد كبير وتحتاج الى مهارة عالية وخبرة للقائمين بذلك . وينفذ هذا العمل عادة تحت الاشراف المباشر لمهندسين وباشتراكهم .

ويجب ان تتعرض للموازنة الاستاتية الاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج لجميع المكنات الكهربائية . اما الموازنة الدينامية فتجرى للاعضاء الدوارة واعضاء الانتاج فى المكنات السريعة .

تصنع فى المكنات الكهربائية الحديثة أماكن مخصصة لتثبيت اثقال الموازنة هى أقنية فى حوامل الفراشى ، واقراص على اعمدة الاعضاء الدوارة للمحركات اللامتزامنة ، وحلقات توازن على اعضاء الانتاج للمحركات السريعة ذات الموحد ، فى العدد الكهربائية وغيرها . وفى بعض الحالات تستخدم قطع من النحاس تدق فى المجارى بدلا من الاسافين ، أو تلحم المونة على الاربطة الملفوفة ، بصفة أثقال توازن فى أعضاء الانتاج للمكنات الصغيرة . غير ان هذه الطرق لا يمكن النصح بها ، لانه فى الحالة الاولى يحصل قصر فى الدائرة بين صفائح القلب لعضو الانتاج ، وفى الحالة الثانية قد يحصل ارتخاء الاربطة نتيجة للحمولة الاضافية الناجمة عن القوة النابذة المؤثرة على الثقل الموازن أثناء عمل المكنة .

وفى الختام ، يجب ان نذكر انه عند انجاز اعضاء الانتاج (والاعضاء الدوارة) يدهن عادة السطح الخارجى لقلوبها بكامله بالميناء الرمادى ، مما يولد على السطح غشاء لا ينفذه الماء بحيث يحمى الملف من نفوذ الرطوبة ، كما ويحمى السطوح الاخرى من الصدأ . وينفذ الدهان بالبخاخ او بالفرشاة ، وبعد ذلك تجفف الاعضاء الدوارة ، ويتعلق نظام التجفيف ومدته بنوع الدهان والعازل المستخدم فى ملف العضو الدوار (عضو الانتاج) .

أسئلة للمراجعة

١ – كيف تثبت اقسام المجارى والاقسام الجبهية للملفات فى اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة فى المكنات لكهربائية ؟

٢ – عدد ميزات ونواقص طريقة تثبيت قسم المجارى من الملف ، بواسطة الاربطة .

٣ – ما هى طريقة الاصلاح لاربطة اعضاء الانتاج والاعضاء الدوارة فى المكنات الكهربائية ؟

٤ – لماذا يلزم تشريب الملفات وتجفيفها فى المكنات والاجهزة الكهربائية ؟

٥ – ما هى العمليات الاساسية التى يتألف منها انجاز اعضاء الانتاج ؟

٦ – لماذا يلزم التجليخ والتلميع وفتح الدروب فى الموحدات ؟ وما هى طريقة التنفيذ لكل من هذه العمليات ؟

٨ – ما هو الفرق بين الموازنة الاستاتية والموازنة الدينامية لاعضاء الانتاج (الاعضاء الدوارة)، وفى اية حالات تنفذ ؟ وما هى طريقة تنفيذ الموازنة ؟

الباب الحادى عشر .

الرقابة والاختبار عند اصلاح الملفات فى المكنات الكهربائية والمحولات

البند ٥٨ – انواع الرقابة والاختبار ومضمونهما عند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات . بعض أنواع المقاييس والتجهيزات الخاصة

يحتاج اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات الى القيام بالاختبارات المختلفة :

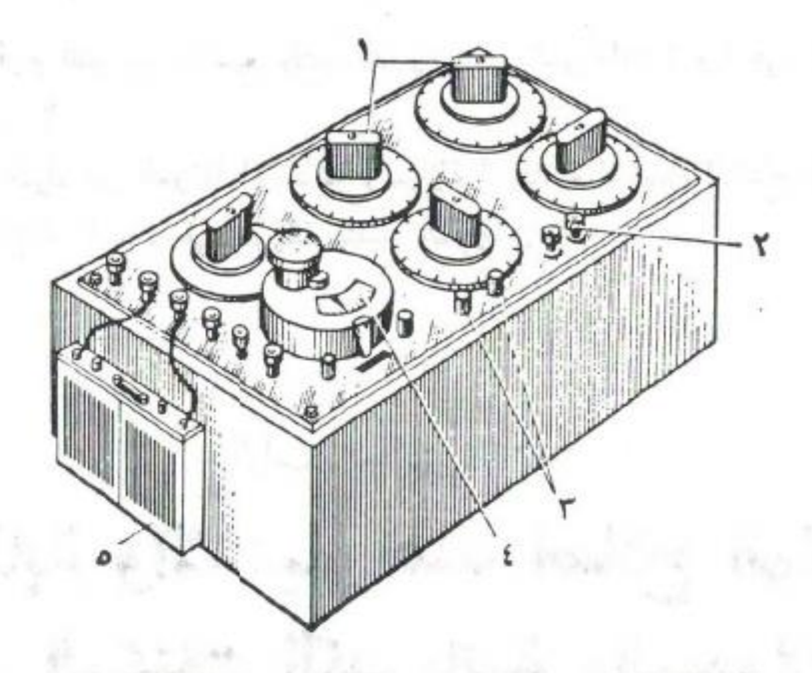
– اختبارات ما قبل الاصلاح لتحديد الاعطال الظاهرة وكذلك لتحديد أعمال الاصلاح المطلوب وحجمها ؛

– اختبارات مرحلية وبعد كل عمل اصلاح للتأكد من جودة العمليات التكنولوجية المنفذة أثناء الاصلاح ، وكذلك للكشف عن عيوب محتملة فى عناصر الملف بعد صنعها .

– اختبارات بعد الاصلاح للتأكد من صلاحية المكنة الكهربائية المصلحة أو المحول المصلح .

وعند القيام بالاختبارات المذكورة أعلاه تستخدم اجهزة قياس وتجهيزات خاصة بالاضافة الى اجهزة القياس الاعتيادية ذات الاغراض العامة (مقياس فولط ، مقياس امبير ، مقياس الواط ، عداد الدورات وغيرها) .

مقياس مقاومة الملفات أو عناصرها (جر المقاومات) (الشكل ١٦٨) . نوصل أولا مآخذ الملف الجارى قياسه أو جزئه مع مآخذ المقياس ٢ ، ومن



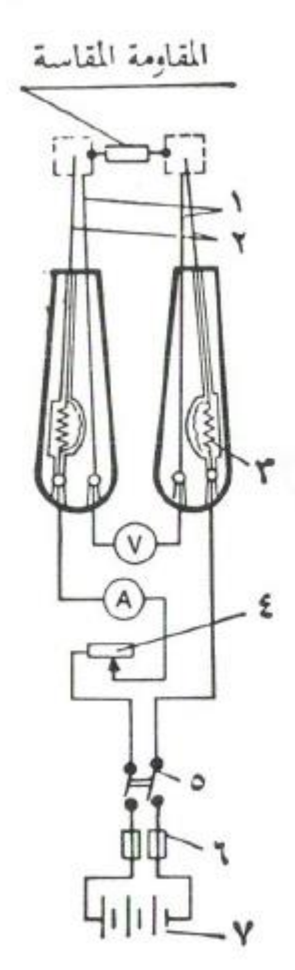
الشكل ١٦٨ – جسر عمومي للمقاومات :
١ – قبضات تحويل المقاومات ، ٢ – مآخذ توصيل المقاومة المقاسة ، ٣ – كبسات «الخشن» و «بدقة» ، ٤ – مينا المقياس ، ٥ – عناصر التغذية

ثم نختار المقاومة القريبة من المقاومة المراد قياسها وذلك بتدوير القبضة ١ لمفاتيح تحويل المقاومات . وبعد ذلك تضغط على احد الزرين ٣ الذى كتبت عليه كلمة «الخشن» ، وينحرف مؤشر المقياس نحو اليمين أو اليسار عن الوضع الاوسط . وتوجد على اللوحة ٤ تدريجات يقِع الصفر فى وسطها .

اذا انحرف المؤشر نحو اليمين عن الوضع الاوسط ، فوجبت زيادة المقاومة ، والعكس بالعكس . وبعد القيام بعدة تدويرات لمفاتيح تبديل المقاومات ، يتوقف المؤشر على الصفر اولا بالضغط على الزر الذى كتبت عليه كلمة «الخشن» ، ومن ثم على الزر الذى كتبت عليه كلمة «الدقيق» . عندئذ تتحدد المقاومة المراد قياسها بالارقام الموجودة على اقراص مفاتيح التحويل . ويتغذى المقياس من بطاريات غلفانية أو مركمات ٥ .

محساسات خاصة (الشكل ١٦٩) تستخدم عند قياس مقاومة ملف عضو الانتاج او عناصره على طريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط ، حيث يضغط المحساسان على صفيحتين من صفائح الموحد ، ولكل محساس ابرتان : ١ – مرتبطة بجساءة مع لقمة عازلة ؛ ٢ – الابرة الثانية تتحرك

الشكل ١٦٩ — محساسات خاصة :
١ و ٢ — ابرتان ، ٣ — نابض ، ٤ — مقاومة متغيرة ،
٥ — قاطع ، ٦ — فاصمة ، ٧ — مدخرة

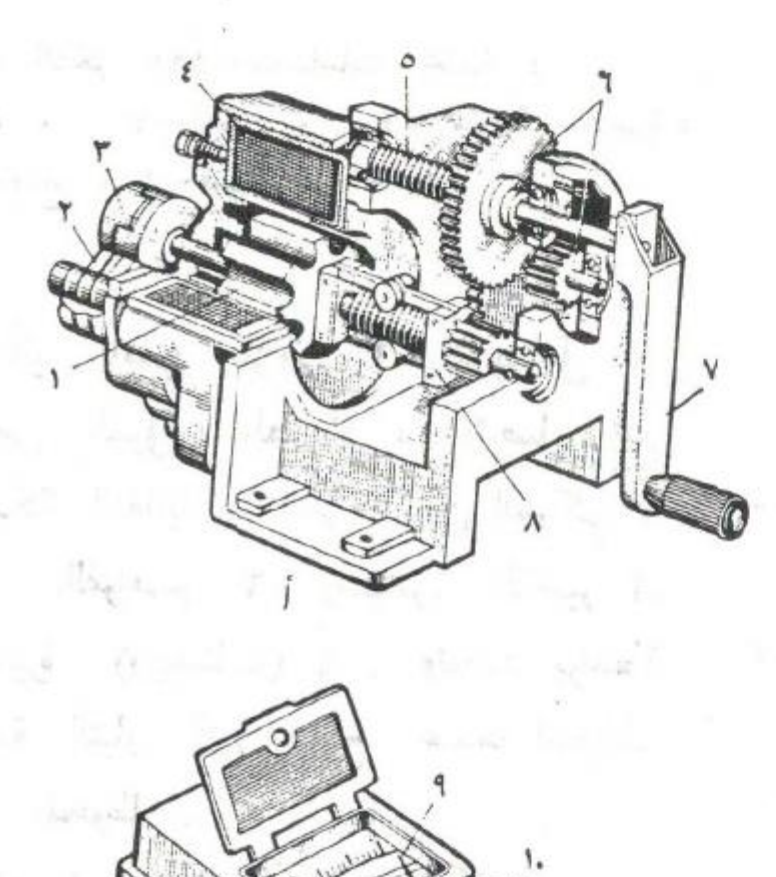


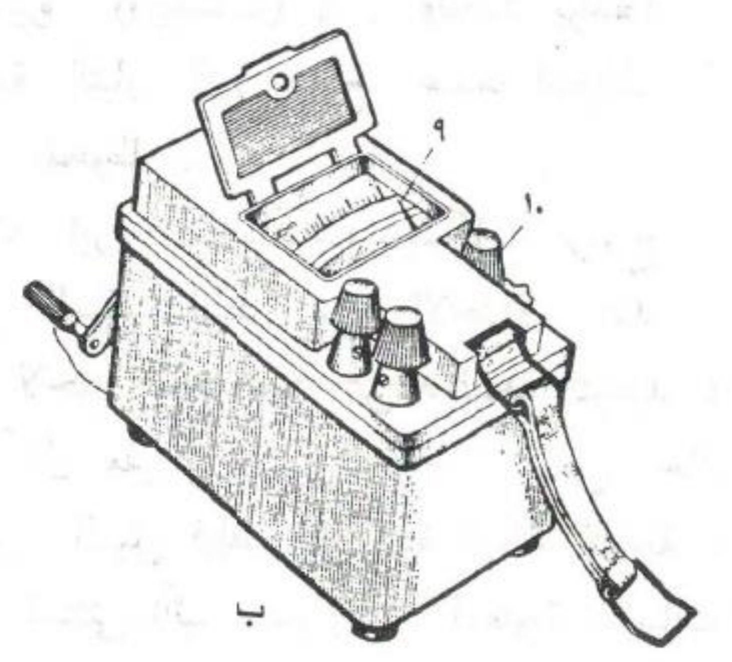
وتظهر تحت تأثير نابض حلزونى ٣ . ويوصل مع الابرتين مقياس الميلى فولط V ، وتوصل مع الابرتين ٢ شبكة التغذية ، المؤلفة من المركم ٧ والقاطع ٥ ، والفواصم ٦ ومقياس الامبير A والمقاومة المتغيرة (ريوستات) ٤ . وتحدد بواسطة الريوستات قيمة التيار التى يصبح عندها انحراف مؤشر المقياس ملحوظا .

وقد صنعت ابر المحساسات بشكل مزدوج لحماية مقياس الميلى فولط من الاحتراق عند الفصل العرضى لاحد المحساسين عن صفيحة التوحيد ، عندما تصل كل فلطية المركم الى مقياس الميلى فولط . ففى حال الابرة المزدوجة ينحرف مقياس الميلى فولط قبل ابرة شبكة التغذية ، بالاضافة الى ان الابر المزدوجة تستثنى تأثير عدم الثبات لمقاومة تماسات ابر التغذية على نتائج القياسات .

مقياس ميغا اوم يستخدم لقياس مقاومة عازل الملف بالنسبة للجسم وبين الملفات المنفصلة. ويستخدم مقياس الميغا اوم بفلطية ٥٠٠ فولط من أجل المكنات الكهربائية والمحولات ذات الفلطية المقدرة التى تصل الى ٥٠٠ فولط ، ومن اجل المكنات والمحولات التى تفوق فلطيتها المقدرة ٥٠٠ فولط يستخدم مقياس الميغا اوم بفلطية ١٠٠٠ و ٢٥٠٠ فولط (تبعا للفلطية التى يحسب من أجلها عازل الملف).

ان مقياس الميغا اوم هو عبارة عن جهاز قياس نقال يتألف من مولد للتيار المستمر وجهاز قياس يقعان كلاهما فى جسم مشترك مصنوع من البلاستيك . ويبين الشكل ١٧٠ ، أ تركيب أكثر نماذج الميغا اوم انتشارا





الشكل ١٧٠ – مقياس الميغا اوم M1101

أ – تجهيزة داخلية ، ب – منظر عام ؛ ١ – عضو انتاج المولد ، ٢ – فراشى ، ٣ – صفائح الموحد ، ٤ – وشيعة اسطوانية ، ٥ – نابض آلية الفصل ، ٦ – مسننات ، ٧ – قبضة ، ٨ – منظم يعمل بالقوة النابذة ، ٩ – مؤشر ، ١٠ – قبضة تبديل حدود القياس

من الطراز M1101 . فعند تدوير القبضة ٧ حسب اتجاه عقارب الساعة ، ينتقل الدوران عن طريق زوجين من التروس ٦ الى عضو الانتاج ١ للمولد والذى هو مغناطيس دائم ثمانى الاقطاب ويستخدم النابض ٥ لفصل تعشيق الآلية عند تدوير القبضة باتجاه عكس عقارب الساعة . وتقع حول المغناطيس وشيعة ٤ متعددة اللفات ملفوفة من سلك رفيع وتستقر الوشيعة فى موصل مغناطيسى

جداره رقيق ، وطرفاه مثنيان نحو داخل الوشيعة . وتغلق دائرة السيالة المغناطيسية التى تولدها اقطاب عضو الانتاج عبر هذين الطرفين والموصل المغناطيسى ، فعند دوران عضو الانتاج تتولد فى الوشيعة فلطية متناوبة . وتوصل نهايتا الملف مع الصفائح ٣ للموحد الذى يقوم التيار المتناوب .

تنزلق الفراشى ٢ على الموحد ، وتنقل هذه الفراشى التيار المتولد الى اطارات اداة القياس من خلال مجموعة من المقاومات . ويثبت المؤشر ٩ (الشكل ١٧٠ ، ب) على محور واحد مع الاطارات ، وتتعلق زاوية انحراف هذا المؤشر بالمقاومة الجارى قياسها. وقد تم تدريج مينا المقياس بالميغا اوم والكيلو اوم، ويتم تحويل حدود القياس بتدوير القبضة الدائرية ١٠ الموجودة على غطاء المقياس .

تؤثر فلطية المولد على مدلول المقياس ، وهى تتعلق بعدد دورات عضو الانتاج ، الذى يحافظ عليه بالمنظم النابذ ٨ (انظر الشكل ١٧٠ ، أ) . فاذا دورنا قبضة المقياس بسرعة أكبر من السرعة المقدرة فان الثقلين يتباعدان تحت تأثير القوة النابذة ويفصلان عضو انتاج المولد عن جهاز التحريك .

قبل توصيل الاسلاك من مقياس الميغا اوم الى الجسم المراد قياسه يلزم نزع الفلطية من مآخذ هذا الجسم وتفريغها من الشحنة السعوية . وعند قياس مقاومة عازل الملف بالنسبة للهيكل بواسطة مقياس الميغا اوم ، يوصل احد اسلاك مآخذ المقياس مع مأخذ الملف ، ويوصل السلك من المأخذ الآخر للمقياس مع هيكل المكنة ، او يقصر مع التأريض . أما عند قياس مقاومة العازل بين الملفات (بين الاطوار) توصل مآخذ المقياس مع مآخذ الملف .

ويجرى تحديد مقاومة العازل على ميناء المقياس بتدوير قبضة جهاز التحريك بعدد دورات يعادل ١٢٠ دورة/دقيقة او أكثر بقليل .

ويجب ان يكون لاسلاك التوصيل طول كاف وعازل جيد ، ويجب عدم استعمال اسلاك مضفورة لانها تترطب بسهولة ومن المستحسن وضع الاسلاك بشكل معلق ، كى تستثنى التأثير الموازى لمقاومة عازل اسلاك التوصيل على مدلول المقياس ، كما يجب ان يكون سطح مقياس الميغا اوم نظيفا وجافا .

ويجب قبل اجراء القياس التأكد من صلاحية مقياس الميغا اوم ، ولهذا الغرض نضع المقياس فى الوضع الافقى ونقصر دائرة مآخذه ، ثم نقوم بتدوير قبضة تشغيل المولد ونتأكد من تطابق المؤشر مع علامة الصفر على التدريجات فى مينا المقياس . ومن ثم تفحص بنفس الطريقة انطباق المؤشر على العلامة ∞ (لانهاية) عندما تكون المآخذ مفصولة .

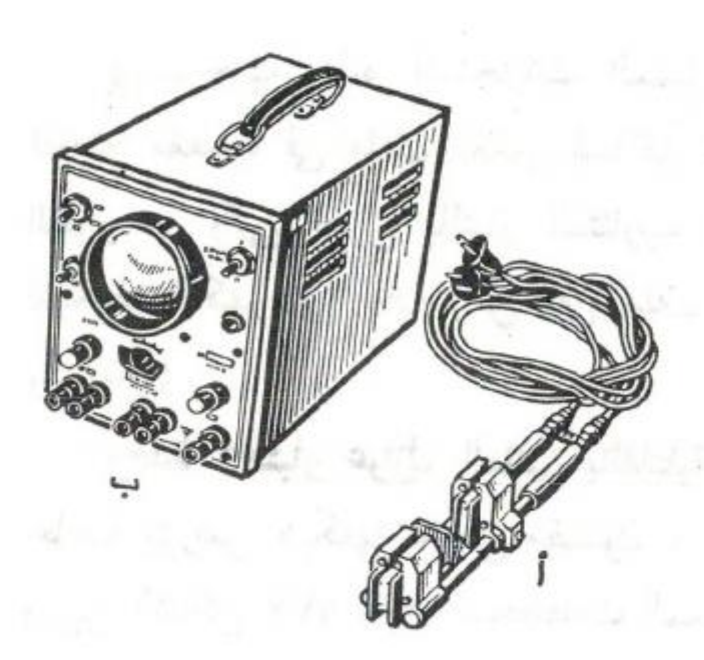
ان الاجهزة CM-1 و CM-2 ، ЕЛ-1 جيدة وشاملة الاغراض تستخدم من أجل اختبارات ما قبل الاصلاح ، واختبارات مرحلية بعد كل عمل اصلاح والفحوصات النهائية للملفات ، وهى تستخدم للكشف عن قصر الدائرة بين اللفات وعن الانقطاعات فى ملفات المكنات الكهربائية ، ولايجاد المجرى الحاوى على ملفات مقصرة وللتأكد من صحة توصيل الملف حسب المخطط ، ولتعليم اطراف مآخذ اطوار الملفات.

ويعتمد مبدأ عمل الجهازين CM و ЕЛ على ما يلى : يوصل مع الجهاز ملفان ترسل اليهما بالتتابع نبضتان من فلطية عالية التردد ، فاذا كانت بارامترات الملفين الموصولين متساوية تماما ، اى تتساوى مقاومتها الكاملة (المجموع الهندسى للمقاومات الفعالة والمفاعلة) ، فان نبضات التيار سوف تكون متساوية ايضا فى هذين الملفين . وفى مثل هذا الوضع ، سوف ينطبق على شاشة الانبوبة المهبطية ، المنحنيان الموافقان والمتعلقان بدائرتين تجرى مقارنتهما مثل طورين مختلفين فى ملف ما . اما اذا وجد عطل ما فى احد الملفين و ينعكس على قيمة المقاومة الكلية ، فان نبضات التيار المار عبر الملفين الجارى اختبارهما ستكون مختلفة ، وسنرى على شاشة الانبوبة المهبطية لا منحنى واحدا وانما منحنيين . ولكل عطل منحنى له شكل مميز يسمح بتحديد نوع العطل فى الملف ، وتتمتع هذه الاجهزة بحساسية عالية .

يعتبر الجهاز ЕЛ-1 المبين على الشكل ١٧١ ، أ أكثر ملاءمة لاستخدامه فى أعمال الاصلاح . ويوضع هذا الجهاز فى هيكل معدنى مزود بقبضة للحمل . وتوجد على اللوحة الامامية للجهاز قبضات التحكم ومآخذ لتوصيل الملفات الجارى اختبارها ، او لتوصيل النبيطة المخصصة للعثور على المجرى

الحاوى على لفات مقصرة ، كما توجد شاشة المؤشر بالشعاع الالكترونى . وتوجد على الجدار الخلفى الفاصمة والمقر الذى توصل فيه الاسلاك مع الشبكة .

وفى القسم الاسفل للوحة الامامية توجد خمسة مآخذ ، يستخدم المأخذ الايمن والاخير لتوصيل سلك التأريض ؛ اما المآخذ «مخرج النبضة» فتستخدم لتوصيل الملفين الجارى اختبارهما والموصولين على التسلسل ، او لتوصيل النبيطة التى تحرض المغناطيس الكهربائى ، وتصلح المآخذ «الاشارة تظهر» لتوصيل المغناطيس الكهربائى المتحرك للنبيطة او لتوصيل النقطة المتوسطة للملفين الجارى اختبارهما ، ويزن الجهاز ١٠ كغ .



الشكل ١٧١ – الجهاز الالكترونى لفحص ملفات المكنات الكهربائية ЕЛ-1 (أ) ، ونبيطة للعثور على المجرى الحاوى على لفات مقصرة (ب)

وللعثور على المجارى التى توجد فيها لفات مقصرة ، تستخدم النبيطة المزودة بمغناطيسين كهربائيين على شكل حرف П فيهما ١٠٠ و ٢٠٠٠ لفة (الشكل ١٧١ ، ب) . وتوصل وشيعة المغناطيس الكهربائى الثابت (١٠٠ لفة) الى المآخذ «مخرج النبضة» للجهاز ، اما وشيعة المغناطيس الكهربائى المتحرك (٢٠٠٠ لفة) فتوصل مع المآخذ «الاشارة تظهر» ، ويجب ان تكون القبضة المتوسطة عندئذ فى الوضع الايسر الطرفى «العمل على النبيطة» .

عند نقل كلا المغناطيسين الكهربائيين من مجرى الى مجرى آخر للقلب ، سوف نشاهد على شاشة الانبوبة المهبطية ، ما يلى :

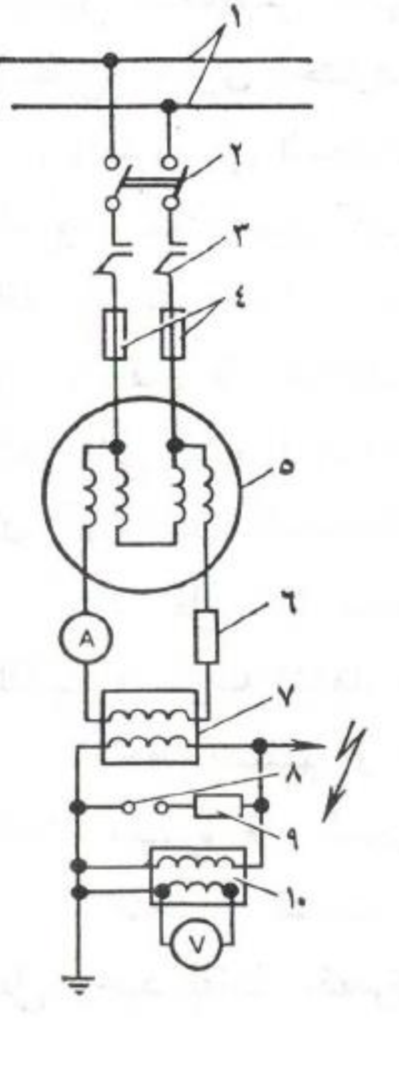
– خط مستقيم او منحن بسعات صغيرة ، مما يدل على عدم وجود لفات مقصرة فى المجرى ؛

– منحنيان بسعات كبيرة متباعدان أحدهما عن الاخر ، مما يدل على وجود لفات مقصرة فى المجرى .

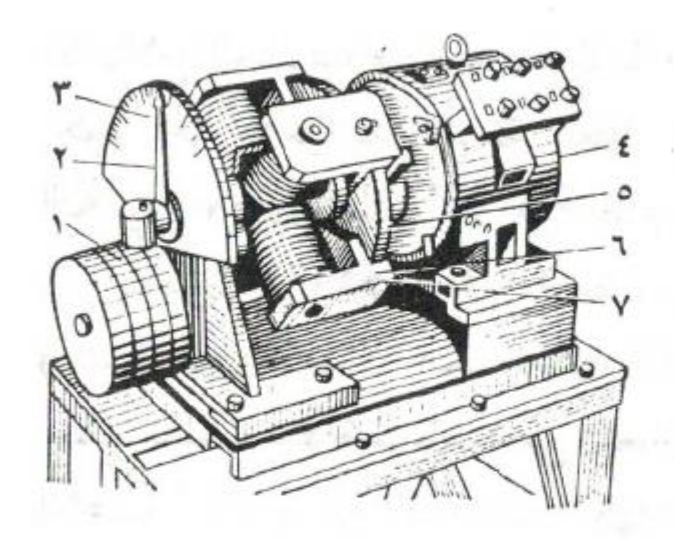
وبموجب هذه المنحنيات المميزة نعثر على المجارى الحاوية على لفات مقصرة فى ملف العضو الساكن للمكنات الثلاثية الاطوار أو الاحادية الطور ، والتى تعمل بالتيار المتناوب ، وفى ملف العضو الدوار الطورى للمحرك الكهربائى اللامتزامن وفى ملف عضو الانتاج للمكنة ذات الموحد (المبدل) .

وحدة اختبار عوازل الملف بالفلطية العالية ، وهى تركب اما فى خزانة خاصة يؤرض هيكلها بشكل مضمون ، او تركب بشكل محصور بحواجز . ويبين الشكل ١٧٢ احد المخططات الممكنة لمثل هذه الوحدات الاختبارية . وهناك المنظم الحثى ٥ يقوم بضبط الفلطية (فى الوحدات الصغيرة يمكن ان نستخدم لهذا الغرض مقاومة متغيرة او محول ذاتى مخبرى) . وتعمل المقاومة الوقائية ٦ على حماية المنظم من فرط التحميل عند خرق العازل ، وتقلل من تشوه شكل الخط المنحنى للفلطية الجيبية الاختبارية . والمفرغ الكروى ٨ يحمى الملف الجارى اختباره من ارتفاع الفلطية فوق القيمة المقدرة. ولكى لا يحصل قصر دائرة عند خرق المفرغ الكروى ، فى المحول الاختبارى الرافع للفلطية ٧ ، توصل مقاومة اضافية ٩ فى دائرة المفرغ .

يجب تزويد ابواب الخزانة او حواجز الوحدة بمفتاح فاصل يقوم بالفصل الاوتوماتيكى



الشكل ١٧٢ — مخطط وحدة اختبار العازل بفلطية مرتفعة :
١ — شبكة التيار المتناوب ، ٢ — قاطع ، ٣ — جهاز تلامس ، ٤ — فاصمة ، ٥ — منظم حثى للفلطية ، ٦ — مقاومة واقية ، ٧ — محول اختبار يرفع الفلطية ، ٨ — مفرغ كروى ، ٩ — مقاومة اضافية ، ١٠ — محول الفلطية للقياس



الشكل ١٧٣ – فرامل كهرطيسية لاختبار المحركات الكهربائية تحت الحمولة : ١ – ثقل معادل ، ٢ – مؤشر ، ٣ – لوحة مدرجة ، ٤ – محرك كهربائى تحت الاختبار ، ٥ – قرص فولاذى ، ٦ – قطب ، ٧ – وشيعة المغناطيس الكهربائى

للوحدة عند فتح الباب ، وبلمبة اشارة حمراء تضىء عند تشغيل الوحدة .

وحدة اختبار المحركات الكهربائية تحت التحميل ، وهى تستخدم عادة للاختبارات الجارية بعد الاصلاح . ويبين الشكل **١٧٣** الفرملة الكهرطيسية لمثل هذه الوحدة ، حيث يتم توصيل نهاية عمود المحرك الكهربائى **٤** الجارى اختباره مع عمود القرص الفولاذى **٥** ذى الكتلة الكبيرة ، بواسطة القارنة المرنة المزودة بحدبات . ويمسك القرص بأربعة أقطاب **٦** مثبتة بلوالب على المغناطيسات الكهربائية المزودة بالوشائع **٧** التى تتناوب قطبيتها . وتوصل وشائع المغناطيسات الكهربائية على التسلسل ، وتغذى بالتيار المستمر (عادة من المقوم) . وتجمع المنظومة المغناطيسبة بكاملها على عمود مستقل يستند على المدارج ، ويثبت على طرف العمود ثقل موازن **١** ومؤشر **٢** يوضع مقابل لوحة التدريجات **٣** الثابتة ، وتدرج هذه اللوحة بالكيلوغرامات المترية .

يتولد عزم الفرملة (التحميل) على عمود المحرك الكهربائى الجارى اختباره ، على حساب التأثير المتبادل للتيارات الدوامية مع المجال المغناطيسى لأقطاب المغناطيسات الكهربائية ، وتتولد هذه التيارات فى القرص الدوار . وتحت تأثير عزم الفرملة تدور المنظومة المغناطيسية للوحدة ، وينحرف المؤشر ، ويتم ضبط قيمة عزم الفرملة عن طريق تغيير شدة التيار فى وشائع المغناطيسات الكهربائية بمساعدة المقاومة المتغيرة .

ان **الاختبارات ما قبل الاصلاح** للمكنات الكهربائية والمحولات تجرى عندما لا تتوفر امكانية لتحديد العطل وسببه بالكشف الخارجى ، او طبيعة

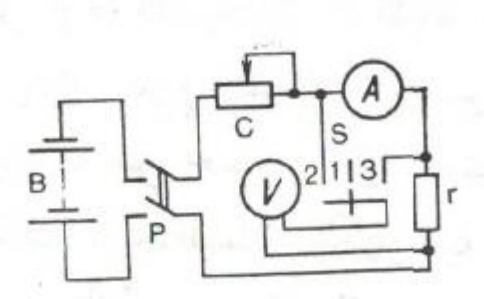
الاصلاح المطلوب وحجمه . وغالبا ما يحصل العطل فى الملفات ، بحيث يكون احد الاسباب الرئيسية لتعطل الملف هو الاحماء الزائد بسبب فرط التحميل او اى خلل آخر فى نظام العمل الطبيعى .

يمكن ان تكون فى الملف اعطال ميكانيكية واعطال كهربائية . وينتمى الى الاعطال الميكانيكية ظهور التطعيجات على الملفات ، انهيار ربط الملف والانقطاعات فى العوازل وانزلاق او انقطاع لاحزمة التربيط للأعضاء الدوارة فى المكنات الكهربائية ، وانقطاع اسلاك توصيل الملف فى عضو الانتاج ذات الموحد وهكذا . والاعطال الكهربائية هى عبارة عن قصر دائرة اللفات وانهيار عزل الهيكل ، والخلل فى نقاط التماس الملحومة وغير ذلك .

ولتحديد نوع العطل فى الملفات الواردة للاصلاح غالبا ما نحتاج اثناء اجراء اختبارات ما قبل الاصلاح الى استخدام الانواع التالية من القياسات والاختبارات :

– قياس مقاومة عازل الملف بمقياس الميغا اوم ؛ ويجب القيام بهذه القياسات عندما لا تقل درجة حرارة الملف عن +١٠° م ، وبواسطة مقياس ميغا اوم محسوب على الفلطية المناسبة للملف المعطى ؛ وبعد القيام بقياس مقاومة العازل بمقياس الميغا اوم يلزم نزع الشحنة الكهربائية من الملف بتطبيق التأريض ، وذلك لوقاية الافراد العاملين بالاصلاح ؛

– قياس مقاومة الملف للتيار المستمر ؛ وعند القيام بهذا القياس يتم التأكد من سلامة الملف وسلامة اماكن التوصيلات لاجزائه المختلفة (اماكن اللحام) ؛ وتقارن نتائج القياسات مع المعطيات المناسبة للمصنع الصانع او مع معطيات القياسات السابقة ؛ وعند انجاز هذه القياسات نستخدم غالبا



الشكل ١٧٤ – مخطط قياس المقاومة : r – المقاومة المقاسة ، B – منبع التغذية (المدخرة) ، P – قاطع بقطبين ، C – مقاومة قابلة للضبط (ريوستات) ، S – مفتاح تبديل له ثلاثة اوضاع ، A – مقياس امبير ، V – مقياس فولط

الجسر العمومى الموصوف اعلاه ، او نقوم بقياس المقاومة بطريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط (الشكل ١٧٤) .

– اختبار الملف بتيار مقوم فلطيته عالية ؛ وفى هذه الاختبارات غالبا ما نستطيع تحديد مكان العطل المخفى لعازل الملف (يظهر الشرر فى هذا المكان) ؛ وتستخدم هذه الطريقة ايضا لحرق عازل الملف فى ذلك المكان الذى أصبح فيه العازل ضعيفا .

ومن الجدير بالذكر ، انه لتحديد بعض اعطال المحول يمكن ان يحتاج الامر الى اختبارات ما قبل الاصلاح ، المرتبطة بتوصيل الفلطية الى ملفات المحول . وفى مثل هذه الحالات يلزم التأكد من وجود الزيت فى المحول ومن جودته الكافية .

ان اختبارات الرقابة المرحلية بعد كل عملية ، هى ضرورية اثناء القيام باصلاح الملفات لتأمين جودة الاصلاح . ويجب لفت الانتباه الرئيسى عند القيام بالرقابة والاختبارات ، نحو التأكد من المتانة الكهربائية لعازل الملف ، لانه كما تبين خبرة الاستثمار ، فان الغالبية العظمى لتعطل المكنات الكهربائية والمحولات تحصل بسبب تضرر العازل بين اللفات فى الملف وبين الملف والجسم .

وعند تصنيع الملفات اثناء اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات ، نقوم باعمال الرقابة والاختبارات اللازمة عند كل انتقال من عملية تكنولوجية الى اخرى . ويتم فحص ابعاد الوشائع والقطاعات ومقاومتها ، ومقاومة العازل ، والتأكد من انعدام الانقطاعات ، والتماسات الرديئة وقصر الدائرة بين الاسلاك المعزولة عن بعضها ، والتأكد من صحة توصيل عناصر الملف مع بعضها البعض ومع المآخذ او مع صفائح الموحد وغير ذلك . وتتعرض عناصر الملف والملف بأكمله عند اجراء الاختبارات لتأثير الفلطيات العالية والتيارات العالية وعدد الدورات المرتفع .

وبما انه ، كما ورد اعلاه ، يعار اهتمام خاص عند الاصلاح الى المتانة الكهربائية لعازل الملف ، فان اجزاء الملف وكذلك الملف بأكمله تتعرض فى بعض المراحل الى فلطية عالية . ونقوم بتخفيض فلطيات

الاختبار مقتربين من الفلطية الادنى المسموح بها حسب المعدلات الموافقة ، بشكل يتناسب مع انجاز عمليات تحضير الملف ، ومع اقترابنا من مرحلة الانجاز . ويفسر ذلك بان مقاومة عوازل عناصر الملف يمكن ان تنخفض بعد الانتهاء من تنفيذ العمليات التكنولوجية الدورية ، فاذا لم تخفض فلطية الاختبار فى المراحل اللاحقة ، فان ذلك قد يؤدى الى خرق العازل فى تلك اللحظة من انجاز الملف ، عندما يحتاج اصلاح العطل الى اعادة كل الاعمال التى انجزت قبل ذلك .

ويجب ان تكون فلطيات الاختبار بحيث تكشف الاقسام المعطوبة ، ولكن فى نفس الوقت لا تلحق الاذى بالقسم السليم من العازل .

وفى الجدول ٢٣ على سبيل المثال ترد قيم فلطيات الاختبار اثناء عملية اصلاح ملفات المكنات الكهربائية التى تصل فلطيتها حتى ٥٥٠ فولط .

الجدول ٢٣

فلطيات الاختبار عند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية

موضوع الاختبارات	فلطية الاختبار، فولط، عندما تكون الفلطية المقدرة للمكنة، فولط:		
	أقل من ٢٣٠	٤٠٠	٥٥٠
الوشيعة الممحرة او التى اعيد عزلها بعد وضعها فى المجرى واسفنتها، ولكن قبل توصيل المخطط	٢٠٠٠	٢٣٠٠	٢٦٠٠
نفس الشىء، ولكن بعد توصيل المخطط ولحامه وعزل اماكن اللحام	١٧٠٠	٢٠٠٠	٢٢٠٠
وشيعة قديمة غير مفكوكة من المجرى	١٣٠٠	١٦٠٠	١٨٠٠
كامل الملف بعد توصيل المخطط، عند القيام باصلاح جزئى للملف	١١٠٠	١٤٤٠	١٦٨٠

ملاحظة: مدة الاختبار دقيقة واحدة .

وعند اصلاح الملفات ، تقاس عادة مقاومة عازل عناصر الملف او الملف بكامله ، قبل التشريب والتجفيف وبعده . ويجب ان تكون مقاومة

عازل الملف فى المكنات الكهربائية العاملة بفلطية تصل حتى ٥٥٠ فولط ، المقاسة بواسطة مقياس ميغا اوم محسوب على ١٠٠٠ فولط بعد التشريب والتجفيف ، لا تقل عن : ٣ ميغا اوم فى العضو الساكن بعد اللف الكامل للملف ، و ٢ ميغا اوم فى العضو الدوار ؛ وبعد اللف الجزئى للملف ١ ميغا اوم فى العضو الساكن ، و ٠,٥ ميغا اوم فى العضو الدوار ، وهذه القيم ليست معدلات وانما يستحسن اخذها انطلاقا من واقع اصلاح واستثمار المكنات الكهربائية التى تم اصلاحها .

تتعرض المحولات والمكنات الكهربائية المصلحة ، عادة لاختبارات ما بعد الاصلاح . وبما ان المكنات الكهربائية والمحولات المصلحة التى تم فيها تبديل الملف ، يجب ان تلبى عمليا نفس المتطلبات الواجب توفرها فى المكننات والمحولات الجديدة ، لذا فان اختبارات ما بعد الاصلاح (اختبارات الاستلام) تجرى حسب برنامج وطريقة اختبارات الرقابة ، التى تستدركها المقايسات الحكومية الموافقة .

وترد فى البنود اللاحقة لهذا الباب ، المعلومات الاساسية عن برنامج وطرق القيام باختبارات الرقابة بعد الاصلاح ، لمختلف انواع المكنات الكهربائية ومحولات القدرة .

البند ٥٩ ـ اختبارات الرقابة بعد اصلاح المكنات الكهربائية (اختبارات الاستلام)

تتعرض جميع المكنات الكهربائية بعد اصلاحها الى الاختبارات حسب المقايسات المعترف بها .

بعد الاصلاح الشامل (العمرة) للمكنة الكهربائية ، واذا لم تتغير قدرتها وعدد دوراتها ، فانها تتعرض للاختبار حسب برنامج اختبارات الرقابة . أما اذا تغيرت قدرة المكنة أو عدد دوراتها ، فيطبق عندئذ برنامج الاختبارات النموذجية . ويبين الجدول ٢٤ حجم الاختبارات اللازمة للمكنة المتزامنة والمكنات اللامتزامنة ، وكذلك للمكنات العاملة بالتيار المستمر .

وبعد الاصلاح المتوسط تجرى الاختبارات فقط حسب البنود ١ ، ٣ ، ٤ ، ٦ فى الجدول ٢٤ ، بحيث ان فلطية اختبار عازل الملف فى داخله ومع الهيكل يجب ان تعادل ٨٥٪ من القيمة المطلوبة حسب المقايسات المعنية .

البند ٦٠ — طرق اجراء بعض الانواع من اختبارات المكنات الكهربائية

من الضرورى التأكد ، قبل اجراء الاختبارات ، من صلاحية جميع اجهزة القياس التى ستستخدم فيها .

عند اجراء القياسات الكهربائية يجب استخدام اجهزة قياس لا يقل صنف دقتها عن ٠,٥ (ما عدا قياس مقاومة العازل) . ويسمح بقياس القدرة بواسطة مقياس واط ثلاثى الطور دقته من الصنف ١ ، كما يجب انتقاء اجهزة القياس بحيث تقع المقادير المراد قياسها فى حدود من ٢٠ — ٢٥ الى ٩٠ — ٩٥٪ من تدريجات الجهاز .

عند القيام بقياس مقدار ما بعدة أجهزة يجب اخذ القراءات فى آن واحد من جميع الاجهزة ، واخذ هذا الظرف بعين الاعتبار عند توزيع الاجهزة فى مكان العمل .

تقاس عادة مقاومة عوازل الملف بالنسبة للجسم وبين الملفات بمقياس ميغا اوم محسوب على الفلطية الموافقة . وتقاس مقاومة عوازل الملف عمليا فى الحالة الباردة للمكنة ، اى يجب ان لا تختلف درجة حرارة المكنة عن درجة حرارة الوسط المحيط بأكثر من $\pm$ ٣° م .

ويجب ان لا تقل مقاومة عوازل الملف عند درجة الحرارة العاملة للمكنة بالنسبة للجسم وبين الملفات ، عن المقدار الذى يتحدد بموجب الصيغة $r = U/(1000 + 0{,}01\,P)$ ، وأن لا تقل عن ٠,٥ ميغااوم ، حيث r — مقاومة العوازل ، ميغااوم ؛ U — الفلطية المقدرة للملف ، فولط ؛ P — القدرة المقدرة للمكنة ، كيلوفولط أمبير .

اذا كانت مقاومة عازل الملف تقاس بدرجة حرارة أقل من الدرجة

الجدول ٢٤

انواع اختبارات المكنات الكهربائية

رقم التسلسل	اسم الاختبارات	المكنات اللامتزامنة	المكنات المتزامنة	المكنات العاملة بالتيار المستمر
١	قياس مقاومة عوازل الملفات بالنسبة للهيكل وبين الملفات	ct*	ct	ct
٢	قياس مقاومة الملفات للتيار المستمر فى الحالة الباردة عمليا	ct	ct	ct
٣	اختبار عوازل الملقات بالنسبة للهيكل وبين الملفات، على المتانة الكهربائية	ct	ct	ct
٤	اختبار عوازل الملفات بين اللفات على المتانة الكهربائية	ct	ct	ct
٥	الاختبار مع استخدام عدد مرتفع للدورات (عند تبديل ملفات عضو الانتاج والعضو الدوار والاربطة)	ct	ct	ct
٦	ترويض بدون تحميل (فحص درجة حرارة المدارج، والتحرك المحورى للعضو الدوار – بالنسبة للمكنات الحاوية على مدارج انزلاقية، وحالة آلية قصر الدائرة فى المحركات الكهربائية ذات العضو الدوار الطورى حيث توجد مثل هذه الآلية)	ct	ct	ct
٧	تحديد شدة التيار والضياعات عند العمل بدون تحميل	ct	—	—
٨	تحديد مواصفات العمل بدون تحميل	—	c, t	t
٩	تحديد تيار تحريض المولد او عدد دورات المحرك عند عمله بدون تحميل	—	—	ct
١٠	تحديد شدة التيار والضياعات عند قصر الدائرة	ct	—	—

* c – هذا الاختبار يدخل ضمن حجم اختبارات الرقابة؛ t – هذا الاختبار يدخل ضمن حجم الاختبارات النموذجية

رقم التسلسل	اسم الاختبارات	المكنات اللاامتزامنة	المكنات المتزامنة	المكنات العاملة بالتيار المستمر
١١	تحديد معامل التحويل (للمحركات ذات العضو الدوار الطورى)	ct	—	—
١٢	اختبار الاحماء			
١٣	اختبار على فرط التحميل بالتيار لمدة قصيرة	t	t	—
١٤	تحديد المردود (معامل الكفاية) و cos φ ومقدار التزحلق	t	—	—
١٥	تحديد عزم التدوير الاعظمى	t	—	—
١٦	تحديد عزم التدوير الاقل (من اجل المحركات ذات العضو الدوار المقصر على هيئة قفص السنجاب)	t	t	—
١٧	تحديد عزم التدوير عند بدء التشغيل (للمحركات المتزامنة واللاامتزامنة) وتيار بدء التشغيل (للمحركات اللاامتزامنة ذات العضو الدوار المقصر الدائرة، والمحركات المتزامنة)			
١٨	تحديد التيار الاسمى للتحريض	—	t	—
١٩	تحديد المردود	—	t	t
٢٠	تحديد التشويه للمنحنى الجيبى للفلطية	—	t	—
٢١	فحص المعطيات الاسمية وفحص التبادل فى الموحد	—	—	ct
٢٢	تحديد المواصفات البيانية الخارجية للمولدات، وتحديد المواصفة العاملة (المتعلقة بالسرعة) للمحركات الكهربائية			t

العاملة ، فان القيمة الحاصلة بالعلاقة المذكورة اعلاه تضاعف لكل ٢٠° م (كاملة او غير كاملة) بين درجة الحرارة العاملة وبين تلك الدرجة التى ينفذ القياس عندها .

بالنسبة للمكنات الكهربائية المنخفضة الفلطية ، تكون مقاومة عازل الملف ، المحسوبة بموجب الصيغة المذكورة اعلاه ذات قيمة صغيرة ، ولذا فى المكنات السليمة تكون مقاومة العازل عمليا أعلى .

وفى المحركات الكهربائية المزودة بعضو دوار طورى تقاس مقاومة العازل بشكل منفصل لملفات العضو الساكن والعضو الدوار . وتقاس مقاومة العازل بشكل منفصل لكل طور بالنسبة للجسم وبين الملفات ، اذا كانت بدايات ونهايات الاطوار المنفصلة للملف ظاهرة للخارج .

قياس مقاومة الملفات للتيار المستمر ، ينفذ عادة اما بواسطة جسر القياس او بطريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط . وفى هذه الطريقة ينفذ القياس حسب المخطط المبين على الشكل ١٧٤ ، حيث يحدد التيار المار فى المقاومة المقاسة بواسطة الريوستات C ، لكى ينحرف مؤشرا مقياس الامبير ومقياس الفولط بما لا يقل عن ٢٠٪ من التدريجات . وعند وصل المخطط او فصله يجب وضع مفتاح التحويل Π فى الوضع ١ ، مما يساعد على وقاية مقياس الفولط من ضربات التيار .

وعند قياس المقاومات الصغيرة يجب ان يقع مفتاح التحويل فى الوضع ٣. وفى هذه الحالة نجد مقدار المقاومة حسب الصيغة $r = U/(I - U/r_v)$، حيث U — الفلطية المقاسة ، فولط ؛ I — قوة التيار المقاسة ، أمبير ؛ r_v — المقاومة الداخلية لمقياس الفولط ، اوم . فتكون المقاومة الداخلية لمقياس الفولط عادة اكثر من المقاومة الصغيرة التى يجرى قياسها بعدة مرات ولذلك فاذا كانت غير معروفة فيمكن اهمال القيمة U/r_v فى هذه الصيغة . عند قياس المقاومات الكبيرة يجب وضع مفتاح التحويل Π فى الوضع ٢ . وفى هذه الحالة نجد مقدار المقاومة حسب الصيغة $r = (U - I_v)/I$ ، حيث r_v — المقاومة الداخلية لمقياس الامبير ، اوم . وبما ان المقاومة الداخلية لمقياس الامبير اقل بكثير من المرات من المقاومة الكبيرة المقاسة ، فانه يمكن اهمال القيمة I/r_v ، اذا لم تكن معلومة .

عند اجراء القياس بطريقة مقياس الفولط ومقياس الأمبير يجب تجميع المخطط بحيث يستثنى تأثير التماسات الانتقالية . فمثلا ، عند القياس

بهذه الطريقة لمقاومة الملف فى العضو الدوار الطورى ، لا توصل شبكة مقياس الفولط مع الفراشى ، وانما توصل مباشرة مع حلقات التماس .

عند قياس المقاومات تؤخذ القيمة المتوسطة لثلاثة قياسات تجرى الواحد تلو الآخر . ويجب ان لا تختلف نتائج كل قياس عن القيمة المتوسطة بأكثر من ± ٢٪ . وتجرى القياسات الثلاثة عند نفس القيم للتيار التى لا تزيد عن ٢٠٪ من التيار المقدر للملف .

ويجب ان تثبت بدقة درجة حرارة الملف اثناء قياس المقاومة وبالنسبة لملف المكنة الكهربائية المفصولة مدة طويلة (للمكنة التى تصل قدرتها حتى ١٠٠ كيلوواط ، لا تقل المدة عن ٨ ساعات) يمكن ان تؤخذ درجة حرارة الملف على أنها تساوى درجة حرارة الوسط الخارجى ، المحسوبة كمتوسط حسابى لقيم درجات الحرارة فى ٣ — ٤ نقاط حول المكنة . وفى باقى الحالات تقاس درجة حرارة الملف بمقياس الحرارة الذى يوضع داخل الملف ، بما لا يزيد عن ٣٠ دقيقة قبل بدء القياسات .

ومن المعتمد اعادة حساب المقاومات الى الدرجة + ١٥°م. وبالنسبة للملف النحاسى تجرى اعادة الحساب بموجب الصيغة: $r_{15} = r \cdot 250/(235 + t)$ اما اذا كان الملف نحاسيا فان الصيغة تصبح كما يلى: $r_{15} = r \cdot 260/(245 + t)$ حيث ان r_{15} — المقاومة المحولة الى ١٥ ° م ، أوم ؛ r — المقاومة المقاسة، أوم ؛ t — درجة حرارة الملف عند القياس، °م.

تحديد معامل التحويل فى المحرك الكهربائى ذى العضو الدوار الطورى :

يتم التحديد حسب الصيغة : $C_t = U_{s.f}/U_{r.f}$ حيث $U_{s.f}$ — الفلطية الطورية لملف العضو الساكن ، فولط ؛ $U_{r.f}$ — الفلطية الطورية لملف العضو الدوار ، فولط .

قبل بدء الاختبارات يفصل الريوستات الخاص بالاقلاع عن ملف العضو الدوار ، وتنفصل دائرة الملف . ثم يوصل ملف العضو الساكن بفلطية قريبة من الفلطية المقدرة (من أجل المكنات العاملة بفلطية أقل من ٥٠٠ فولط) . وتقاس ثلاث فلطيات خطية على مآخذ العضو الساكن وتحسب القيمة المتوسطة U_m ، ثم تقاس ثلاث فلطيات بين حلقات التماس فى

العضو الدوار وكذلك تحسب القيمة المتوسطة U_r . فاذا كان ملف العضو الساكن موصولا بشكل نجمة، فان $U_{s.f} = U_m/\sqrt{3}$. وبطريقة مشابهة نجد أيضا الفلطية الطورية لملف العضو الدوار .

ان اختبار المتانة الكهربائية لعوازل الملفات بالنسبة لجسم المكنة وبين الملفات يجرى على المكنة غير المتحركة ، وعمليا فى حالتها الباردة . وينفذ هذا الاختبار عادة بعد الاختبار المتعلق بتحديد شدة التيار وضياعات قصر الدائرة وبعد الاختبار على الاحماء (اذا أمكن تنفيذه) ، اما فى المكنات العاملة بالتيار المستمر فينفذ هذا الاختبار بعد الاختبار بعدد الدورات الكبير ، وبعد فحص التوصيلات أثناء التحميل القصير الامد بالتيار .

ولاختبار المتانة الكهربائية للعازل تستخدم فلطية اختبارية متناوبة بتردد قدره ٥٠ هرتز . ويبين الجدول ٢٥ فلطيات الاختبار لمختلف أنواع الملفات فى المكنات الكهربائية .

يجب ان تكون فلطية الاختبار عمليا بشكل جيبى . ويبدأ الاختبار من فلطية الاختبار التى لا تزيد ٣٥٪ عما ورد فى الجدول ٢٥ ، بحيث تصل الفلطية الى قيمتها الكاملة بشكل انسيابى او تدريجى بمعدل ٥ — ١٠٪ خلال ١٠— ١٥ ثانية. ويجب ان لا يقل زمن الفلطية الاختبارية الكاملة عن دقيقة واحدة ، وخلال هذا الزمن يجب عدم ملاحظة الضربات الفجائية على مؤشر مقياس الفولط الذى يقيس الفلطية المطبقة ، وعدم ملاحظة الطقطقة والتفريغ المنزلق ، وكذلك عدم ملاحظة التغير الشديد للتيار المستهلك . وبعد انتهاء الاختبار تخفض الفلطية تدريجيا (حتى ٣٥٪ من الفلطية الاختبارية الكاملة) ثم تفصل .

وفى تلك الحالات التى يستخدم فيها قسم من الملف مرة ثانية لاصلاح المكنة الكهربائية تخفض فلطية الاختبار للملف بكامله بمقدار ٢٥٪ بالمقارنة مع القيم الواردة فى الجدول ٢٥ .

فى الملفات الثلاثية الاطوار الحاوية تكون بدايات أطوارها ونهاياتها بشكل مآخذ خارجية ، تتعرض للاختبار عوازل كل طور بحيث يكون الطوران الباقيان موصولين مع الهيكل المؤرض . أما اذا كانت بدايات

الجدول ٢٥

الفلطيات عند اختبار المتانة الكهربائية لعوازل الملفات

أنواع المكنات الكهربائية او أقسامها	فلطيات الاختبار ، كيلوفولط
مكنات قدرتها أقل من ١ كيلوواط (١ كيلوفولط أمبير) عندما تكون الفلطية المقدرة U_n أقل من ١و٠ كيلوفولط	$0,8\,(U_n + 0,5)$
مكنات قدرتها من ١ كيلوواط (١ كيلوفولط أمبير) وأكثر ، عندما تكون الفلطية المقدرة U_n أقل من ١٠٠ فولط	$0,8\,(2U_n + 1)$
مكنات قدرتها اقل من ١٠٠٠ كيلوواط ، عندما تكون الفلطية المقدرة U_n اعلى من ١و٠ كيلوفولط	$0,8\,(2U_n + 1)$ بحيث لا نقل من ٢و١
ملفات التحريض فى المولدات والمحركات المتزامنة	ثمانية اضعاف الفلطية المقدرة للتحريض ، غير انه يجب ان لا تقل عن ٢و١ وان لا تزيد عن ٨و٢
محرضات المولدات المتزامنة	نفس الشىء
ملفات الأعضاء الدوارة الطورية للمحركات الكهربائية	$1,5\,U_r$ (U_r — الفلطية على حلقات التماس عندما يكون العضو الدوار الثابت مفصولا ، وعندما يكون العضو الساكن معرضا للفلطية الكاملة) ، ولكن ليس اقل من ١

ملاحظة : جاءت فى الجدول القيم الفعلية للفلطية .

الاطوار ونهاياتها غير ذلك ، فيتم اختبار عازل الملف الثلاثى الاطوار بكامله بالنسبة للجسم المؤرض .

تفحص فى المكنات العاملة بالتيار المستمر ، بشكل منفصل عوازل شبكة عضو الانتاج سوية مع الملف المتسلسل للتحريض ، ومع ملف الأقطاب الاضافية وملف التعويض . أما ملف التحريض المتوازى فيعتبر ملفا منفصلا وتفحص متانة عازله بشكل منفصل .

سبق وأن ورد وصف احد مخططات الاجهزة لاختبار عازل الملف بالفلطية العالية .

يجب تأمين الامن العام للعاملين فى جميع اختبارات المتانة الكهربائية للملفات بالفلطية العالية . ويجب وضع المكنات الجارى اختبارها فى حجرة محاطة على قاعدة مؤرضة. ويجب ارتاج باب الحجرة وارضيتها بتماسات موصولة فى مخطط وحدة الاختبار بحيث تستثنى امكانية التغذية بالفلطية العالية فى حال وجود شخص داخل الحجرة .

ان اختبار متانة العازل بين اللفات لدى المحركات الكهربائية اللامتزامنة ذات العضو الدوار المقصر ، ولدى المولدات المتزامنة والمحركات الكهربائية العاملة بالتيار المستمر ، يجرى على المكنة بدون تحميل (بحيث تجرى فى المحركات العاملة بالتيار المستمر ، عند أكبر عدد دورات قابلة للضبط) . ويجرى الاختبار عادة عن طريق رفع الفلطية المعطاة (بالنسبة للمحركات) او الفلطية المولدة (بالنسبة للمولدات) بمقدار ٣٠٪ اعلى من الفلطية المقدرة . غير انه بالنسبة للمكنات العاملة بالتيار المستمر والحاوية على عدد من الاقطاب أكثر من اربعة ، يجب ان لا تزيد فلطية الاختبار أكثر من القيمة التى تكون عندها الفلطية المتوسطة بين صفائح التوحيد تعادل ٢٤ فولط . ويجرى اختبار المولدات المتزامنة بفلطية موافقة لتيار التحريض فى نظام العمل المقدر ، ولكن بحيث تزيد بما لا يقل عن ٣٠٪ من الفلطية المقدرة .

يسمح لدى المكنات العاملة بالتيار المتناوب فى حال زيادة الفلطية بزيادة عدد الدورات أيضا فى آن واحد ، ولكن بما لا يزيد عن ١٥٪ من الفلطية المقدرة . وتفحص متانة العازل بين اللفات فى المكنات العاملة بالتيار المستمر بعد اجراء الاختبار بعدد دورات كبيرة .

تدوم مدة الاختبار ٥ دقائق . ويجب خلال هذه الفترة عدم خرق العازل بين اللفات (تغير مفاجئ للتيار المستهلك او الفلطية المعطاة ، والطقطقة ، والتسخين غير الطبيعى لبعض الوشائع واللفات ، وظهور الدخان ، ودوران العضو الدوار المنفصل الدائرة وغير ذلك) .

يستخدم عادة منظم الجهد لتغذية مخطط الاختبار للعازل الكائن بين لفات الملفات .

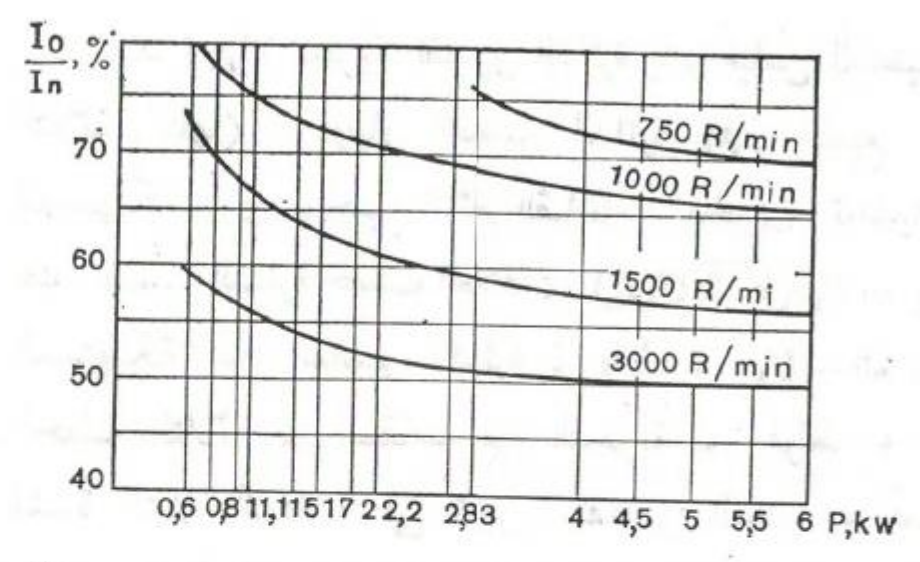
ان تحديد شدة التيار والضياعات الناجمة عن عمل المكنة بدون التحميل ،

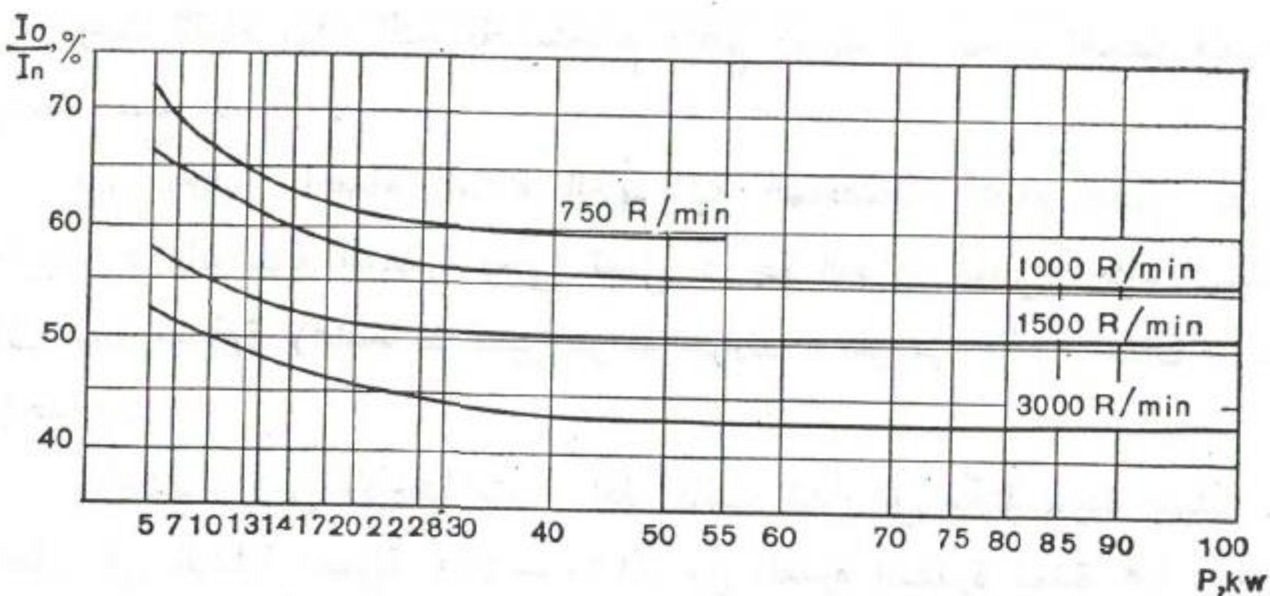
لدى المحرك اللامتزامن يتم بالفلطية المقدرة وعدد الدورات المقدر . ويغذى العضو الساكن للمحرك الكهربائى بفلطية جيبية ثلاثية الاطوار ومتماثلة ، وتعتبر الفلطية الثلاثية الاطوار متناظرة (متماثلة) عمليا ، اذا كانت المقادير المقاسة لثلاث فلطيات خطية فى المنظومة الثلاثية الاطوار تختلف عن قيمتها المتوسطة بما لا يزيد عن ٤,٥٪ .

تقاس اثناء الاختبار فلطيات التغذية الخطية بين كل الاطوار الثلاثة ، وتقاس القدرة المستهلكة وشدة التيار فى الاطوار الثلاثة ، ويحسب كذلك معامل القدرة . وتقاس القدرة عادة بواسطة مقياس الواط ، وتبعا لقدرة المحرك الكهربائى توصل مقاييس الامبير وشبكات التيار لمقاييس الواط اما عن طريق محولات التيار أو بشكل مباشر . ويحسب معامل القدرة $(\cos \varphi_0)$ بموجب الصيغة التالية : $\cos \varphi_0 = P_0/(\sqrt{3}\, U_0 I_0)$ حيث P_0 — القدرة المستهلكة . واط ؛ U_0 — المتوسط الحسابى للفلطية حسب مدلول مقاييس الفولط الثلاثة ، الموصولة بين الاسلاك الخطية لتغذية الملف الثلاثى الاطوار ، فولط ؛ I_0 — المتوسط الحسابى لشدة التيار حسب مدلول مقاييس الامبير الثلاثة التى تقيس شدة التيار فى الاسلاك الخطية ، أمبير .

قبل اختبار عمل المحرك دون تحميل ، لا بد من ترويضه وتشغيله دون حمولة لمدة لا تقل عن ١٥ دقيقة اذا كانت قدرة المكنة أقل من ١٠ كيلوواط ، ولمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة اذا كانت قدرة المكنة من ١٠ الى ١٠٠ كيلوواط ، ولمدة لا تقل عن ٧٥ دقيقة اذا كانت قدرة المكنة اكبر من ١٠٠ كيلوواط .

لا تحوى المقايسات الحكومية معدلات لشدة تيار العمل بدون تحميل بالنسبة للمحركات الكهربائية الثلاثية الاطوار ، غير ان الخبرة العملية تبين ان هذه التيارات يجب ان لا تزيد عن القيم المبينة على الشكل ١٧٥ ، كما يجب ان لا يزيد عدم انتظام شدة التيار فى الاطوار اثناء العمل بدون تحميل عن ± ٤,٥٪ من قيمتها المتوسطة . وعند اختبار عمل المحرك بدون تحميل يجب أن لا يختلف تردد شبكة التغذية عن القيمة المقدرة باكثر من ± ١٪ .





الشكل ١٧٥ — منحنيات القيم الحدية لنسبة تيار العمل دون التحميل الى التيار المقدر للمحركات الكهربائية التى تقل استطاعتها عن ١٠٠ كيلوواط :
I_0 — تيار عدم التحميل ، I_{nom} — التيار المقدر ، P — قدرة المحرك الكهربائى

يتحدد التيار والضياعات الناجمة عن قصر الدائرة فى المحرك الكهربائى اللامتزامن ، بموجب معطيات تجربة تقصير الدائرة . وعند اجراء تحربة تقصير الدائرة يفرمل العضو الدوار للمحرك ، ويقصر الملف الطورى للعضو الدوار (لدى المحركات ذات العضو الدوار الطورى) ، وتوصل الى ملف العضو الساكن فلطية مخفضة ثلاثية الاطوار وجيبية متناظرة ، ترددها حسب القيمة المقدرة . وان الفلطية المخفضة التى تعطى اثناء تجربة تقصير الدائرة الى ملف العضو الساكن فى المحرك ، تتعلق بالفلطية المقدرة وبقدرة المكنة ، وهى تعادل عادة ٢٥٪ من الفلطية المقدرة .

عند اجراء تجربة تقصير الدائرة يتم قياس الفلطية الموصولة (فى الاطوار الثلاثة كلها) ، وتيار تقصير الدائرة (فى جميع الاطوار الثلاثة) والقدرة المستهلكة . وبموجب نتائج القياسات يجرى تحديد معامل القدرة ($\cos \varphi_k$) عند تقصير الدائرة حسب العلاقة : $\cos \varphi_k = P_k/(\sqrt{3}\, U_k I_k)$ حيث P_k — القدرة المستهلكة عند تقصير الدائرة ، واط ؛ U_k — المتوسط الحسابى للفلطيات الخطية الثلاثة ، المقاسة فى التجربة ، فولط ؛ I_k — المتوسط الحسابى لشدة التيار المقاسة فى تجربة تقصير الدائرة ، أمبير .

وعند القيام بهذه التجربة يستخدم منظم الجهد او محول تضبط فلطيته بصفة منبع تغذية .

يتم **اختبار احماء** المكنة الكهربائية المخصصة لنظام العمل لفترة طويلة ، بالحمولة المقدرة وحتى تصل درجة الحرارة لبعض اجزاء المكنة الى قيمة مستقرة (عندما لا تتغير درجة حرارتها اكثر من ١° م خلال ساعة واحدة) .

ولاختصار زمن الاختبارات ، اذا كانت تبدأ على مكنة باردة عمليا ، تعطى فى البداية حمولة ١١٠ — ١٢٠٪ من القدرة المقدرة لمدة ١٥ — ٢٠ دقيقة . ويراقب سير تسخين المكنة اثناء القيام بالاختبارات بواسطة مقاييس الحرارة (بالمزدوجات الحرارية ، وبالمقاومات الحرارية) التى تطبق على سطوح المكنة المجمعة . واذا وضعت مقاييس الحرارة فى الاماكن التى توجد فيها مجالات مغناطيسية متغيرة ، فانه يجدر بنا استخدام موازين حرارة كحولية ، وذلك لانه تتولد فى الزئبق عندئذ تيارات دوامية ، تعمل بدورها على تسخين الزئبق ويعطى ميزان الحرارة نتائج مشوهة للقياسات . وعند وضع مقاييس الحرارة تؤخذ الاجراءات اللازمة لتحسين تماس قسمه الحساس مع السطح الذى تقاس عليه درجة الحرارة ، ولهذا الغرض تستخدم رقائق الالومنيوم ، ويحمى مكان التماس من التبرد بواسطة القطن أو اللباد وغير ذلك .

عند القيام بالاختبارات على الاحماء تكون المسألة الاساسية تحديد القيمة التى تستقر لارتفاع درجة حرارة الاقسام الفعالة بالنسبة للوسط المحيط . وتقاس درجة حرارة الوسط المحيط حول المكنات التى تبرد بالهواء ، بعدة

مقاييس حرارة توضع فى عدة نقاط حول المكنة على ارتفاع يعادل نصف ارتفاع المكنة ، وعلى مسافة ١ — ٢ م عنها . وعندئذ تؤخذ الاجراءات لحماية مقاييس الحرارة من تيارات الهواء العرضية ، ومن أشعة الشمس المباشرة والتأثيرات المشابهة الاخرى ، التى يمكن ان تشوه نتائج القياسات . وتؤخذ درجة حرارة الوسط المحيط (الهواء الذى يبرد المكنة) كمتوسط حسابى لقيمة مدلولات مقاييس الحرارة .

ان مدة الاختبارات على الاحماء، اى الزمن اللازم للوصول عمليا الى درجة الحرارة المستقرة ، تتعلق بقدرة المكنة (ابعادها) وعدد دوراتها : فكلما كانت المكنة أكبر ، كلما احتاج الامر الى وقت أكبر مع تساوى الظروف الاخرى ، والعكس بالعكس كلما كانت المكنة اسرع ، يكون الوصول الى درجة الحرارة المستقرة أسرع . ويمكن تقدير الوقت اللازم للوصول الى درجة الحرارة المستقرة للمكنة ، بشكل تقريبى ، بموجب نسبة مقدار القدرة الاسمية P_n (فولط . أمبير) الى عدد الدورات الاسمى للمكنة n_n (دورة/دقيقة) . فمثلا ، اذا كانت النسبة P_n/n_n لا تزيد عن ١٠ ، فان مدة الاختبارات على التسخين تعادل ما لا يزيد عن ساعتين ، واذا كانت النسبة من ١٠ الى ٣٠ ، فان المدة لا تزيد عن ٣ ساعات ، واذا كانت النسبة من ٣٠ الى ١٠٠ فان المدة لا تزيد عن ٤ ساعات ، واذا كانت النسبة من ١٠٠ الى ٢٠٠ فان المدة لا تزيد عن ٥ ساعات ، واذا كانت المدة من ٢٠٠ الى ٣٠٠ فان المدة لا تزيد عن ٦ ساعات ، وهكذا .

ويبين الجدول ٢٦ القيم القصوى للارتفاع المسموح به لدرجة حرارة مختلف الاقسام الفعالة للمكنة الكهربائية فوق درجة حرارة الوسط المحيط تبعا لصنف العازل ولطريقة القياس .

يقاس عادة ارتفاع درجة حرارة ملفات العضو الساكن للمحرك الكهربائى اللامتزامن والمولد المتزامن ، وكذلك ملفات العضو الدوار الطورى وملفات اعضاء الانتاج فى المكنة ذات الموحد ، بطريقة المقاومة ، اما ارتفاع درجة حرارة الاربطة السلكية الفولاذية وحلقات التماس فيقاس بمقاييس حرارة فى نهاية الاختبار على الاحماء بعد توقف المكنة .

ويقاس ارتفاع درجة حرارة ملف التحريض على المكنة الدوارة بطريقة المقاومة خلال كل مدة الاختبار على الاحماء وبعد مضى كل ٢٠ — ٣٠ دقيقة .

وتقاس أثناء اجراء الاختبارات على الاحماء ، كذلك درجة حرارة المدارج ، التى يجب ان لا تزيد عن ٨٠°م فى المدارج الانزلاقية ، وان لا تزيد عن ١٠٠°م فى المدارج التدحرجية .

عند استخدام طريقة المقاومة يتم تحديد درجة حرارة الملف بموجب تغير مقاومته للتيار المستمر بالمقارنة مع هذه القيمة المقاسة على المكنة الباردة عمليا . وفى هذه الحالة تستخدم العلاقة التالية :

$$\tau_{hot} = \frac{r_{hot} - r_{col}}{r_{col}} (235 + \theta_{col}) + \theta_{col} - \theta_{sur}$$

حيث r_{hot} — الارتفاع الجارى البحث عنه لدرجة حرارة الملف ، °م ؛ r_{hot} — المقاومة المقاسة للملف الساخن ، اوم ؛ r_{col} — مقاومة الملف فى الحالة الباردة عمليا ، اوم ؛ θ_{col} — درجة حرارة الملف البارد عمليا ، °م ؛ θ_{sur} — درجة حرارة الوسط المحيط ، °م .

اذا كان الملف مصنوعا من الالومنيوم ، تستخدم نفس الصيغة ولكن الرقم ٢٣٥ فيها يستبدل بالرقم ٢٤٥ .

مع العلم بان طريقة المقاومة تستخدم لتقدير القيمة المتوسطة لارتفاع درجة حرارة الملف على الوسط المحيط . و تسمح هذه الطريقة باستبيان اماكن الاحماء المفرط فى الملف اذا وجدت .

وفى تلك الحالات التى تجرى فيها الاختبارات على الاحماء وتقاس درجة الحرارة على المكنة المتوقفة بعد انتهاء الاختبار ، من الضرورى السعى الى تنفيذ عملية القياس بما لا يزيد عن ١٥ — ٢٠ ثانية بعد فصل المكنة . أما اذا استحال ذلك فيتم تقدير درجة الحرارة فى لحظة فصل المكنة ، بموجب منحنى التبريد . ولرسم مثل هذا المنحنى يقاس ارتفاع درجة الحرارة بعد فصل المكنة ، فى الوحدات المعنية (مثلا ملف العضو الساكن بطريقة المقاومة) من ٥ الى ٦ مرات خلال فترات زمنية معينة . ويبين الشكل ١٧٦

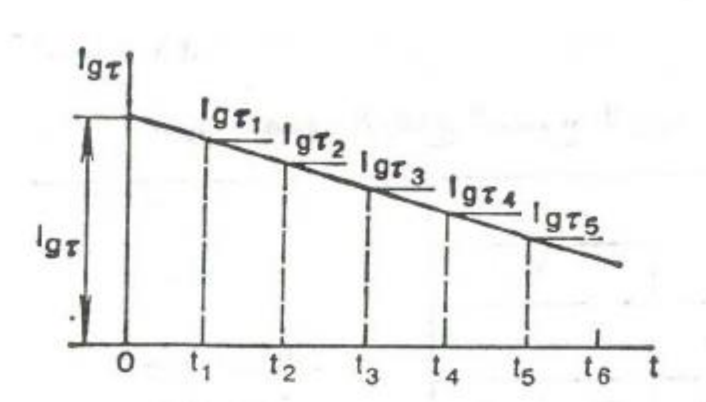
الجدول ٢٦

القيم القصوى للارتفاع المسموح لدرجة حرارة بعض اجزاء المكنات الكهربائية

اجزاء المكنات الكهربائية	صنف المواد العازلة — عند اجراء القياس بطريقة							
	A		*E*		*B*		*F*	
	مقياس الحرارة	المقاومة	مقياس الحرارة	المقاومة	مقياس الحرارة	المقاومة	مقياس الحرارة	المقاومة
ملف العضو الساكن، وكذلك ملف العضو الدوار (عند وجود عدة لفات فى المجرى) فى المكنة اللامتزامنة؛ ملف العضو الساكن للمكنة المتزامنة	٥٠	٦٠	٦٥	٧٥	٧٠	٨٠	٨٥	١٠٠
الملف القضيبى للعضو الدوار فى المكنة اللامتزامنة	٦٥	٦٥	٨٠	٨٠	٩٠	٩٠	١١٠	١١٠
ملف عضو الانتاج، توصيلات مع الموحد، وكذلك ملف تحريض المكنة العاملة بالتيار المستمر والمتناوب (ما عدا العناصر الواردة فى البندين اللاحقين)	٥٠	٦٠	٢٥	٧٥	٧٠	٨٠	٨٥	١٠٠
ملف التحريض أحادى الصف، ذو السطوح العارية	٦٥	٦٥	٨٠	٨٠	٩٠	٩٠	١١٠	١١٠
ملف التعويض	٦٠	٦٠	٧٥	٧٥	٨٠	٨٠	١٠٠	١٠٠
الموحدات وحلقات التماس	٦٠	—	٧٠	—	٨٠	—	٩٠	—
القلوب والاجزاء الفولاذية الاخرى المتلامسة مع الملفات	٦٠	—	٧٥	—	٨٠	—	٩٠	—

ملاحظات: ١ – يسمح بزيادة ٥°م للارتفاع الاقصى المسموح به لدرجة حرارة الملف فى البنود الاربعة الاولى للجدول، والمقاسة بطريقة المقاومة، للمكنات المغلقة التى لا تزيد فلطيتها عن ١٥٠٠ فولط؛ ٢ – بالنسبة لأقسام المكنات التى صنعت قبل عام ١٩٦٦ يمكن زيادة ٥°م للارتفاع الأقصى المسموح به لدرجة الحرارة، على شرط ان درجة حرارة الهواء المحيط لا تزيد على ٣٥°م ؛ ٣ – اذا كانت درجة حرارة الهواء المبرد أقل من + ٤٠°م يمكن زيادة الارتفاع الاقصى المسموح به لدرجة الحرارة فى هذا الجدول طبقا للفرق بين + ٤٠ ودرجة حرارة هواء التبريد ، ولكن على ان لا يزيد عن ١٠°م .

انشاء منحنى التبريد للمكنة الكهربائية فى الاحداثيات النصف لوغاريتمية . وهنا توضع على محور السينات أزمنة كل قياس بعد فصل المكنة t_1 ، t_2 ، t_3 وهكذا ، وعلى محور الصادات (العينات) توضع لوغاريتمات الاعداد الموافقة لارتفاع درجة الحرارة $\lg \tau_1$ ، $\lg \tau_2$ ، وهكذا . ويمدد منحنى التبريد الحاصل حتى التقاطع مع محور الصادات ، وعند هذا التقاطع نجد لوغاريتم العدد الموافق لارتفاع درجة الحرارة لحظة توقف المحرك ، وبموجب اللوغاريتم نجد العدد نفسه . وان استخدام لوغاريتمات الاعداد الدالة على ارتفاع درجة الحرارة بدلا من القيم ذاتها عند انشاء هذا المنحنى ، يزيد من دقة الرسم ، لان المنحنى الحاصل فى هذه الحالة قريب جدا من الخط المستقيم .



الشكل ١٧٦ — منحنى تبريد المكنة الكهربائية (فى الاحداثيات النصف لوغاريتمية)

اذا حصل بعد فصل المكنة ان ارتفعت درجة حرارة بعض الاجزاء اولا ثم اخذت بالتناقص ، تؤخذ أكبر القيم المقاسة كدرجة حرارة الفصل .

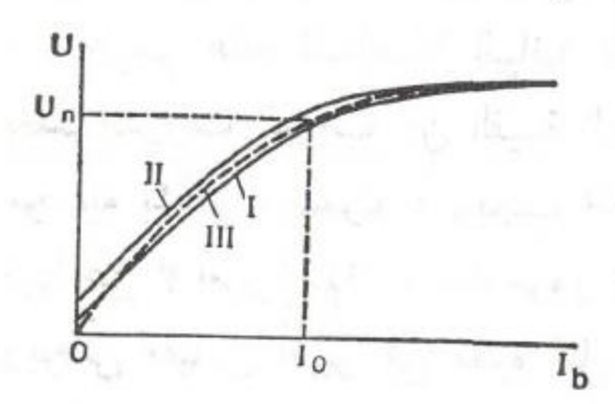
اثناء الاختبارات على الاحماء تقاس خلال فترات زمنية قصيرة (لا تقل عن كل ٣٠ دقيقة) بشكل دورى القدرة المستهلكة (للمحرك) او القدرة المتولدة (للمولد) ، والفلطية الخطية ، وشدة التيار فى الاطوار ، ومعامل القدرة وعدد الدورات ، وكذلك تقاس درجات حرارة اقسام المكنة والهواء المحيط .

تستخدم وسائط مختلفة للفرملة ، لتوليد الحمولة اللازمة على عمود المحرك الكهربائى الجارى اختباره . وقد جرى الحديث سابقا عن الفرملة الكهروطيسية . وتستخدم احيانا لهذا الغرض حمولة التهوية التى تولدها المروحة المركبة على العمود ، وتكون ريش المروحة بزاوية ميل يمكن ضبطها .

وعند اختبار المولدات على الاحماء تستخدم عادة المقاومات المتغيرة لتوليد الحمولة .

ان مواصفات العمل بدون تحميل للمولد المتزامن هى عبارة عن العلاقة بين الفلطية الخطية U_0 التى تولدها المكنة عند عملها بدون تحميل ، وبين تيار التحريض I_B .

لأخذ مواصفة المولد يدار المولد بعدد الدورات المقدر ، وتبدأ التجربة من قياس الفلطية الخطية اثناء العمل بدون تحميل ، وعند القيمة الصفرية لتيار التحريض . ومن ثم توصل دائرة تحريض المولد وتجرى زيادة تدريجية لتيار التحريض بمساعدة الريوستات ، حتى يصل الى قيمة تكون معها فلطية العمل بدون تحميل تزيد بمقدار ١٠ ــ ١٥٪ عن الفلطية المقدرة . وفى كل درجة (عدد الدرجات عادة من ٧ الى ٨) يقاس تيار التحريض I_b وثلاث قيم للفلطيات الخطية (بين مآخذ الاطوار) . وتحدد الفلطية الخطية فى الدرجة المعنية كوسط حسابى للفلطيات الخطية الثلاثة التى تم قياسها . وبموجب القيم U_0 المحسوبة وقيم I_b المقاسة ننشئ الفرع الصاعد لمواصفة العمل بدون تحميل (الشكل ١٧٧ ، المنحنى I) .



الشكل ١٧٧ ــ تحديد المعطيات لعمل المواد المتزامن دون التحميل :
I ــ فرع صاعد ، II ــ فرع متناقص ، III معطيات العمل دون التحميل

وبعد ذلك ، نخفض تيار التحريض تدريجيا وعلى مراحل حتى يصل الى الصفر . وفى كل من ٧ ــ ٨ مراحل نقوم بقياس تيار التحريض والفلطيات الخطية الثلاثة للمولد، بحيث نحدد القيمة U_0 كوسط حسابى لمعطيات القياس . ومن ثم ننشى الفرع النازل لمواصفة عمل المولد بدون تحميل (المنحنى II) ، الذى يقع اعلى من الفرع الصاعد . ويعتمد المنحنى III (يبين على الشكل بخط متقطع) على انه يمثل المواصفة الفعلية لعمل المولد بدون تحميل ، وهو يقع بين الفرعين النازل والصاعد ، ويمر عبر صفر الخط البيانى .

وعند كل مرة لاخذ مدلولات اجهزة القياس ، يقاس ايضا عدد دورات

المولد ، فاذا اختلف عن القيمة المقدرة نقوم بنصحيح الفلطية المحددة U_0 للعمل بدون تحميل ، وذلك بضرب U_0 على النسبة n/n_1 ، حيث n — عدد الدورات المقدر ، n_1 — عدد الدورات المقاس .

وتحدد على المواصفة البيانية للعمل بدون تحميل نقطة موافقة للفلطية المقدرة للمولد ، ونجد تيار التحريض الذى تعادل عنده فلطية المولد العامل بدون تحميل ، التبار المقدر .

وبموجب نتائج قياس الفلطيات الخطية عند العمل بدون تحميل ، يمكن الحكم على تناظر منظومة الفلطيات الثلاثية الاطوار ، التى يولدها المولد . وتعتبر هذه المنظومة عمليا متماثلة ، اذا كانت اية فلطية خطية تختلف عن قيمتها المتوسطة بما لا يزيد عن ± ٤,٥٪ .

ان المواصفة البيانية لتقصير دائرة المولد المتزامن الثلاثى الاطوار هى عبارة عن العلاقة بين التيار الخطى $I_{s.c}$ عند تقصير دائرة الاطوار الثلاثة للمولد ، وبين تيار التحريض I_b .

ولرسم هذه المواصفة البيانية تقصر اطوار المولد الثلاثة ويدار المولد بعدد الدورات القريب من القيمة المقدرة . ويجب ان تكون الوصلة المقصرة موصولة بشكل مضمون ، ويجب اختيار مقطعها بحيث لا تزيد كثافة التيار فيها عن ٣ أمبير/مم٢ ، عند مرور تيار قصر الدائرة المساوى للتيار المقدر . ويوصل مقياس أمبير فى دائرة كل مأخذ خطى لملف العضو الساكن عبر محول التيار ، بحيث تكون محولات التيار الثلاثة ومقاييس الامبير الثلاثة متشابهة .

يحدد تيار التحريض فى دائرة التحريض بواسطة الريوستات ، بحيث يكون معه تيار قصر الدائرة يعادل ٣٠ — ٣٥٪ من التيار المقدر للمولد . ويقاس فى نفس الوقت تيار التحريض I_b وثلاث قيم للتيار فى المآخذ الخطية لملف العضو الساكن . ومع تغيير التيار فى دائرة التحريض بواسطة الريوستات ، نجعل تيار قصر الدائرة ، على ٣ — ٤ مراحل ، يصل الى ٨٠ — ٩٠٪ من التيار المقدر لملف العضو الساكن للمولد ، وذلك بتغيير تيارات قصر الدائرة وتيار التحريض فى كل مرة . ويحدد تيار قصر الدائرة فى

كل مرحلة كمتوسط حسابى للقيم المقاسة الثلاثة للتيارات فى المآخذ الخطية لملف العضو الساكن .
وبموجب المعطيات الحاصلة ننشئ المواصفة البيانية لقصر الدائرة (الشكل ١٧٨) ، التى تكون عادة على هيئة خط مستقيم مار عبر صفر الخط البيانى . ولذا يكفى أخذ القياسات فى ٣ ــ ٤ نقاط لانشاء المواصفة البيانية الكاملة لتقصير دائرة الاطوار الثلاثة .

الشكل ١٧٨ - مواصفة قصر الدائرة

لا يقاس عادة عدد دورات المولد عند انشاء هذه المواصفة البيانية ، لأن تغيير عدد دورات المولد فى حدود ± ٢٠٪ من القيمة المقدرة لا يؤثر عمليا على قيمة تيار قصر الدائرة ، لان هذا التيار يتناسب طردا مع القوة الدافعة الكهربائية ، ويتناسب عكسا مع المقاومة الحثية للمولد ، وكلاهما يتغير بشكل مشابه عند تغير عدد الدورات .

ويجرى تعليم النقطة الموافقة للتيار الاسمى للمولد على المواصفة البيانية لقصر الدائرة ، ويتم العثور على تيار التحريض الذى يكون من اجله تيار قصر الدائرة فى الاطوار الثلاثة لملف العضو الساكن مساويا للتيار المقدر .

ويمكن الحكم بموجب نتائج القياسات الجارية فى هذه الاختبارات على تماثل المنظومة الثلاثية الاطوار لتيارات المولد . وتعتبر هذه المنظومة متماثلة عمليا اذا كان اى من التيارات الخطية الثلاثة للمولد يختلف عن قيمته المتوسطة بما لا يزيد عن ٤,٥٪ .

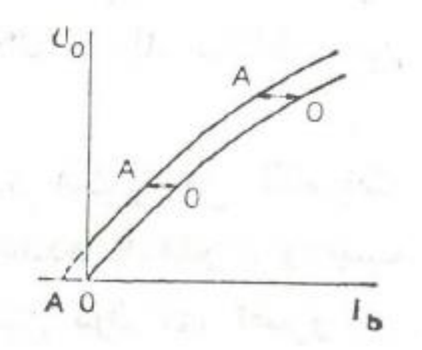
يجرى اختبار عمل مكنة التيار المستمر بالعدد الكبير من الدورات عن طريق زيادة عدد دوراتها بمقدار ٢٠٪ اكثر من عددها المقدر . ويجب ان تتحمل المكنة عدد الدورات المرتفع لمدة دقيقتين دون اى تضرر او تشوهات متبقية .

وبعد اختبار المكنة بعدد الدورات المرتفع ، يتم اختبار المتانة الكهربائية للعازل ما بين اللفات فى ملف عضو الانتاج .

يجرى تحديد المواصفة البيانية لعمل مكنة التيار المستمر بدون تحميل ، عند عمل المولد بدون تحميل. وهى عبارة عن العلاقة بين الفلطية U_0 فى عضو الانتاج العامل بدون تحميل ، وبين تيار التحريض I_b ، عند عدد الدورات المقدر للمكنة . ويتم اجراء التجارب لانشاء هذه المواصفة البيانية عادة بعد اختبار المتانة الكهربائية لعازل ما بين اللفات فى ملف عضو الانتاج .

اذا استحال الحفاظ على ثبات عدد الدورات المساوى للعدد المقدر اثناء الاختبارات ، فاننا نقوم بقياس عدد دورات عضو الانتاج (بعداد الدورات) فى نفس الوقت الذى نقيس فيه تيار التحريض والفلطية الموافقة له عند العمل بدون تحميل . واذا اختلف عدد الدورات عن قيمته المقدرة ندخل تصحيحا فى نتائج الفلطية المقاسة بموجب الصيغة $U_0 = Un_n/n$ ، حيث U_0 — فلطية عمل عضو الانتاج بعد التصحيح الناجم عن عدد الدورات ، فولط ؛ U — الفلطية المقاسة لعضو الانتاج عند العمل بدون تحميل ، فولط ؛ n_n — عدد الدورات المقدر ، دورة/دقيقة ؛ n — عدد الدورات المقاس ، دورة/دقيقة .

يبدأ أخذ المعطيات لرسم المواصفة البيانية من أكبر قيمة لتيار التحريض ، ثم يخفض على ٥ — ٦ مراحل تدريجيا حتى يصل فى نهاية الاختبار الى قيمة الصفر . وللحصول على المواصفة البيانية للعمل بدون تحميل ، التى تمر عبر بداية الاحداثيات ، تزاح المواصفة البيانية المرسومة على محور السينات بمقدار القطعة AO ، التى تحصل عن طريق التمديد البيانى للمواصفة البيانية حتى تتقاطع مع محور السينات (الشكل ١٧٩) .



الشكل ١٧٩ — مواصفة عمل مكنة التيار المستمر دون التحميل

يجرى **فحص المعطيات المقدرة للمكنة العاملة بالتيار المستمر** ، والتى تذكر على لوحة المكنة ، فى نظام العمل الاعتيادى خلال مدة لا تقل عن ٦٠ دقيقة . ويحدد عندئذ فى المحرك والمولد تيار التحريض عند الحمولة

المقدرة وعدد الدورات المقدر ، وبشكل اضافى يحدد عدد دورات المحرك عند الحمولة المقدرة وتيار التحريض المقدر . ونقدر كذلك أثناء هذا الاختبار درجة ظهور الشرر تحت طرف الفرشاة (الجدول ٢٧) .

الجدول ٢٧

تقدير درجة الشرر فى المكنات ذات الموحد

درجة الشرر	مواصفات درجة الشرر	حالة الموحد والفراشى
١	غياب الشرر (المنطقة مظلمة)	عدم وجود السواد على الموحد والهباب على الفراشى
١ ١/٤	شرر نقطى ضعيف تحت قسم صغير من الفراشى	عدم وجود السواد على الموحد والهباب على الفراشى
١ ١/٢	شرر ضعيف تحت قسم كبير من الفرشاة	ظهور آثار الاسوداد على الموحد تزال بسهولة بمسح الموحد بالبنزين؛ وكذلك ظهور آثار الهباب على الفراشى
٢	ظهور الشرر تحت طرف الفرشاة كله	ظهور آثار الاسوداد على الموحد لا تزال بمسح السطح بالبنزين، وكذلك ظهور آثار الهباب على الفراشى
٣	شرر شديد تحت طرف الفرشاة بكامله مع وجود الشرارات الكبيرة المتطايرة	اسوداد شديد على الموحد، لا يزال بمسح السطح بالبنزين، وكذلك تشيط الفراشى وتفتتها

وبعد مضى ٦٠ دقيقة من العمل فى النظام الطبيعى ، يجب ان لا تزيد درجة الشرر عن ١,٥ .

ويجرى **فحص التوحيد عند فرط التحميل القصير الامد للمكنة العاملة بالتيار المستمر** عن طريق زيادة شدة التيار بمعدل ٥٠٪ اكثر من القيمة المقدرة خلال دقيقة واحدة . ويجب ان لا تزيد درجة الشرر عندئذ عن ٢ (الجدول ٢٧) .

البند ٦١ – اختبارات محولات القدرة بعد اصلاحها

بعد الاصلاح الشامل لمحولات القدره التى تصل قدرتها حتى ١٠٠٠٠ كيلوفولط أمبير ، وفلطيتها حتى ٣٥ كيلوفولط ، تجرى الاختبارات التالية : أ) فحص معامل التحويل ؛ ب) فحص مجموعة توصيلات الملف ؛ ج) قياس مقاومة الملفات للتيار المستمر ؛ د) اختبار المتانة الكهربائية لعينات الزيت ؛ هـ) قياس مقاومة العازل ؛ و) اختبار المتانة الكهربائية للعازل ؛ ز) قياس الضياعات عند العمل بدون حمولة ؛ ح) قياس الفلطية والضياعات الناجمة عن قصر الدائرة ؛ ط) فحص خزان المحول والتأكد من احكامه . وينصح باجراء الاختبارات حسب البندين أ و ب قبل الاختبارات حسب البندين ز ، ح . كما ان الاختبارات حسب البنود د ، هـ ، و ، ز يجب اجراؤها بنفس التسلسل الوارد .

فحص معامل التحويل . يطلق اسم معامل التحويل على نسبة الفلطية فى ملف الجهد العالى الى الفلطية فى ملف الجهد المنخفض اثناء عمل المحول بدون حمولة . وهذه النسبة تسمح كذلك بتحديد صحة عدد اللفات فى الملف .

تعتمد ثلاث طرق لتحديد معامل التحويل ، بما فيها طريقة مقياسى الفولط التى تعتبر ابسط الطرق وأكثرها ملاءمة فى ظروف ورشات الاصلاح ، بالرغم من ان هذه الطريقة من حيث الدقة تتراجع امام الطريقتين الأخريتين .

ويتم تحديد معامل التحويل لجميع فروع الملفات ولجميع الاطوار .

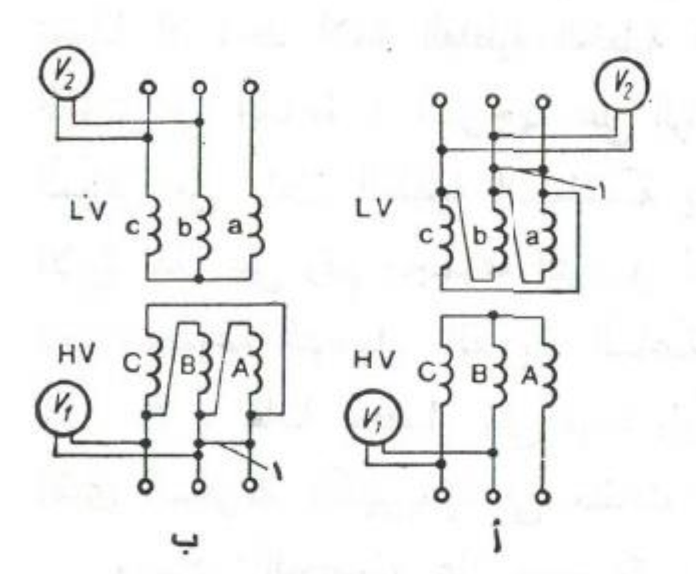
وينصح بقياس معامل التحويل لدى المحولات الثلاثية الاطوار عن طريق القياس فى آن واحد للفلطية الخطية فى ملف الفلطية العالية وفى ملف الفلطية المنخفضة عند التمريض الثلاثى الاطوار . ويسمح كذلك بتحديد معامل التحويل بموجب الفلطيات الطورية المقاسة للاطوار الموافقة (اذا كان ذلك ممكنا من الناحية الفنية) عند التحريض الاحادى الطور او التحريض الثلاثى الاطوار .

ويستحسن عند اجراء الاختبار توصيل فلطية مخفضة ، ولكن لا تقل عن ١٪ من الفلطية المقدرة .

ويحسب معامل التحويل بتقسيم الفلطية المقاسة فى ملف الجهد العالى على فلطية ملف الجهد المنخفض بدقة حتى الرقم الرابع بعد الصفر ، لذا فانه لا ينصح باستخدام المسطرة اللوغاريتمية للتقسيم .

وعند اجراء التجربة يجب اعارة اهتمام خاص لتناظر الفلطية الثلاثية الاطوار الموصولة مع المحول . وبالرغم من ان منظومة الفلطيات الثلاثية الاطوار تعتبر متناظرة عمليا اذا كانت كل فلطية خطية تختلف بما لا يزيد عن ٤,٥٪ من المتوسط الحسابى للفلطيات الخطية الثلاثة ، غير انه حتى عند عدم التناظر الصغير هذا يمكن حدوث الاخطاء عند تحديد معامل التحويل بموجب الفلطيات الخطية ، تفوق كثيرا الحدود المسموح بها .

لذا ، فعند وجود عدم التناظر فى منظومة التغذية بالفلطيات الثلاثية الاطوار (حتى فى حدود ٤,٥٪ من المتوسط الحسابى لقيمتها) يستحسن تحديد معامل التحويل عن طريق قياس الفلطيات الطورية . واذا لم يكن بالامكان تنفيذ ذلك (بسبب عدم امكانية الوصول الى نقطة الصفر) يسمح عندئذ بتحديد معامل التحويل عند اختبار المحولات الثلاثية الاطوار التى وصلت ملفاتها بشكل مثلث او نجمة ، حسب الطريقة التالى شرحها . ويقصر أحد اطوار الملف الموصول بشكل نجمة (مثلا الطور A) بواسطة توصيلة توضع على المآخذ الخطية الموافقة . ومن ثم تقاس الفلطيات الخطية لملف الجهد العالى وملف الجهد المنخفض للطورين الحرين الباقيين (الشكل ١٨٠) مع التحريض الاحادى الطور . وتساوى نسبة الفلطيات المذكورة $2k_f$ عند



الشكل ١٨٠ – مخطط القياس لتحديد معامل التحويل الطورى عند عدم الوصول للنقطة الصفرية :
أ – «بشكل نجمة» على الجهة العالية الفلطية ، ب – «بشكل مثلث» على الجهة العالية الفلطية ؛ 1 – وصلة قصر الدائرة ، V – مقياس الفولط

التوصيل بشكل «نجمة» على جهة ملف الجهد العالى (الشكل ١٨٠ ، أ) أو $1/2\,k_f$ عند التوصيل بشكل «مثلث» على جهة ملف الجهد العالى (الشكل ١٨٠ ، ب) ، حيث k_f — معامل التحويل الطورى . وبطريقة مشابهة تجرى نفس القياسات عند تقصير كل من الطورين B و C .

يسمح باختلاف معامل التحويل المقاس عن قيمته الحسابية بما لا يزيد عن ± ١٪ للمحولات التى يساوى معامل تحويلها ٣ وأقل ، وبما لا يزيد عن ٠,٥٪ لجميع المحولات الاخرى .

عند قياس معاملات التحويل الطورية يجب الأخذ بعين الاعتبار العلاقات التالية بين المعامل الطورى للتحويل k_f والمعامل الخطى k_l :

أ) كلا ملفى المحول (ملف الجهد العالى وملف الجهد المنخفض) موصولان بشكل مشابه (على شكل «نجمة» أو «مثلث») ، $k_f = k_l$ ؛

ب) ملف الجهد العالى موصول على شكل «نجمة» ، اما ملف الجهد المنخفض فهو موصول بشكل «مثلث» ، $k_f = k_l/\sqrt{3}$ ؛

جـ) ملف الجهد العالى موصول على شكل «مثلث» ، أما ملف الجهد المنخفض فهو موصول بشكل «نجمة» $k_f = \sqrt{3} \cdot k_l$.

فحص مجموعة توصيل الملفات . كما هو معروف ، فان رقم مجموعة التوصيل يدل على قيمة الانزياح الزاوى لأشعة (موجهات) القوى المحركة الكهربائية الخطية لملف الفلطية المنخفضة بالنسبة لأشعة القوى المحركة الكهربائية الموافقة (التى تحمل نفس الاسم) لملف الفلطية العالية . فاذا تخيلنا ان احد اشعة الفلطية الخطية لملف الفلطية العالية ينطبق على ابرة الدقائق فى الساعة ، الموجهة على الرقم ١٢ من مينا الساعة ، وان الشعاع الموافق من ملف الفلطية المنخفضة ينطبق على ابرة الساعات ، فان هذه الابرة تدل على رقم مجموعة التوصيل لملفات المحول . وتدعى هذه الطريقة لرمز مجموعة التوصيل بالطريقة الساعية . واذا ضربنا رقم مجموعة التوصيل على ٣٠ ، فاننا نحصل على قيمة زاوية الانزياح بالدرجات ، بين اشعة القوى المحركة الكهربائية فى ملفات الفلطية العالية والمنخفضة .

ويمكن الحصول على مجموعة التوصيل هذه او تلك نتيجة للف

المختلف (يمينى او يسارى) والوصل المختلف لبدايات ونهايات اطوار الملفات عند توصيلها على شكل «نجمة» ، «مثلث» او «خط متعرج» .

يسمح طبقا للمقايسات الحكومية بالنسبة لجميع المحولات الثلاثية الاطوار ، بمجموعة التوصيل ٠ * (صفر) و ١١ ، ويسمح للمحولات الاحادية الطور فقط بمجموعة الصفر . ويبين الشكل ١٨١ المخططات التى تلبى

مخططات توصيل الملفات		مخططات اشعة القوى المحركة الكهربائية		الرموز الاصطلاحية
HV	LV	HV	LV	
A B C / X Y Z	0 a b c / x y z	A B C	a b c	Y/Y -0 المجموعة الصفرية
A B C / X Y Z	a b c / x y z	A B C	a b c	Y/Δ -11 المجموعة ١١
0 A B C / X Y Z	a b c / x y z	A B C	a b c	Y/Δ -11 المجموعة ١١
A B C / X Y Z	0 a b c	A B C		Y/Z -11 المجموعة ١١
A B C / X Y Z	0 a b c / x y z	A B C	a b c	Δ/Y -11 المجموعة ١١
A X	a x	A X	a x	1/1 -0 المجموعة الصفرية

الشكل ١٨١ — مخططات ومجموعات توصيل الملفات فى المحولات الاحادية الطور والثلاثية الاطوار . ذات المل[illegible]

* سابقا كانت هذه المجموعة تدعى بالمجموعة ١٢

هذه المتطلبات لتوصيل ملفات الفلطية العالية والمنخفضة للمحولات الثلاثية الاطوار والاحادية الطور والمحولات الحاوية على ملفين، وكذلك المخططات البيانية لاشعة القوى المحركة الكهربائية الطورية ومصطلحات رموزها .

يمكن للخطأ الحاصل فى تنفيذ مجموعة توصيلات المحول المصلح ، ان يسبب عواقب وخيمة عند تشغيله مع المحولات الاخرى . ويجرى فحص مجموعة التوصيلات باحدى الطرق التالية : بالطريقة المباشرة (المقياس الطورى) ، وبطريقة مقياس الفولط وبطريقة التيار المستمر . ويمكن فى ظروف منشآت الاصلاح ان ننصح باستخدام الطريقتين الاوليتين لجميع المحولات . ويجب استخدام طريقة التيار المستمر لفحص المحولات الاحادية الطور .

ان الطريقة المباشرة لفحص مجموعة التوصيلات ، تتطلب استخدام مقياس خاص هو المقياس الطورى ذو المربعات الاربعة . ويوصل ملف المقياس الطورى بالتسلسل عبر الريوستات العالى المقاومة مع مآخذ أحد الملفات ، أما الملف الموازى للمقياس الطورى فيوصل مع المآخذ المسماة بنفس الاسم للملف الآخر للمحول الجارى فحصه ، ويغذى المحول بفلطية غير كبيرة تكفى لينحرف مؤشر المقياس الطورى. ويدل هذا الانحراف على زاوية الانزياح بين أشعة القوى المحركة الكهربائية الخطية بالدرجات واذا قسمنا هذا المدلول على ٣٠ ، فاننا نحصل على رقم مجموعة التوصيل فى الحساب الساعى . ويعاد احيانا تدريج المقياس الطورى المخصص لفحص مجموعة توصيلات المحولات المصلحة ، بالطريقة الملائمة بحيث يبين المؤشر مباشرة رقم مجموعة التوصيل .

عند تحديد مجموعة توصيل المحولات الثلاثية الاطوار ، لا بد من اجراء ما لا يقل عن قياسين لزوجين من المآخذ الموافقة .

طريقة مقياسى الفولط ، تستخدم فى تلك الحالات التى لا يتوفر فيها المقياس الطورى . ولفحص المحول بهذه الطريقة توصل مع بعضها المآخذ ذات الاسم الواحد لملفات الفلطية العالية والفلطية المنخفضة لأحد الاطوار ، مثلا المآخذ A و a . ويغذى ملف الفلطية المنخفضة بفلطية مخفضة U_{1v} ؛

28—1031

وتقاس بالتتابع الفلطيات بين المآخذ $B-b$ ، $C-b$ ، $B-c$ (للمحولات الثلاثية الاطوار) ، او الفلطية بين المآخذ $X-x$ (عند اختبار المحولات الاحادية الطور) . ثم تقارن الفلطيات المقاسة مع الفلطيات الحسابية الموافقة ، المحسوبة بالصيغ الواردة فى الجدول ٢٨ ، حيث k_1 — المعامل الخطى للتحويل لدى المحول المفحوص (الحسابى) . اذا انطبقت القيم الحسابية والمقاسة للفلطيات ، فان هذا يدل على تطابق مجموعة التوصيل .

ومن الجدير بالذكر ان هذه الطريقة تعطى نتائج مقبولة فقط عند التناظر الصارم للمنظومة الثلاثية الاطوار للفلطيات ، التى تغذى المحول اثناء الفحص . واذا كانت المنظومة الثلاثية الاطوار غير متناظرة ، فان هذه الطريقة للفحص غير مضمونة .

طريقة التيار المستمر ، تستخدم لفحص مجموعة توصيلات المحولات الاحادية الطور . وهذه الطريقة غير ملائمة للمحولات الثلاثية الاطوار ، بسبب ضرورة القيام بقياسات كثيرة جدا .

وعند فحص مجموعة توصيل المحول الاحادى الطور بطريقة التيار المستمر ، يوصل منبع للتيار المستمر مثل المدخرة ذات الفلطية الصغيرة ، مع ملف الفلطية العالية ، اى مع المآخذ $A-X$ من خلال القاطع السكينى ، وتكون الفلطية الصغيرة محسوبة بحيث يكون التيار فى الملف لا يزيد عن ١٪ من قيمته الاسمية ، ويوصل المأخذ الموجب لمنبع التيار المستمر مع المأخذ A .

تفحص القطبية (« + » او « — ») على المأخذين A و X بواسطة مقياس الفولط الكهروطيسى . وبعد التأكد من ان القطب « + » للمنبع موصول مع المأخذ A ، يفصل مقياس الفولط عن مآخذ ملف الفلطية العالية ، ليوصل مع مآخذ ملف الفلطية المنخفضة ، بحيث يكون القطب « + » فى مقياس الفولط موصولا مع المأخذ a ، اما القطب « — » فيوصل مع المأخذ «x» .

اذا وصلنا الآن دائرة التيار فى ملف الفلطية العالية بالقاطع السكينى ، فان مؤشر مقياس الفولط الكهروطيسى الموصول مع مآخذ ملف الفلطية المنخفضة ، ينحرف فى لحظة التوصيل . واذا كان انحراف المؤشر موجها

الجدول ٢٨

تحديد مجموعة توصيل ملفات المحول بموجب معاملات التحويل

مجموعة التوصيل	انزياح اشعة الفلطيات الخطية	المخططات الممكنة لتوصيل الملفات	U_{x-X} أو U_{b-B}	U_{b-C}	U_{c-B}
0 (12)	0(360)	$^1/_1$ أو Y/Y Δ/Δ; Δ/Z	$U_{1v}(k_1-1)$	$U_{1v}\sqrt{1-k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1-k_1+k_1^2}$
1	30	Y/Δ Δ/Y; Y/Z	$U_{1v}\sqrt{1-\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1-\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1^2}$
2	60	Y/Y Δ/Δ Δ/Z	$U_{1v}\sqrt{1-k_1+k_1^2}$	$U_{1v}(k_1-1)$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1+k_1^2}$
3	90	Y/Δ Δ/Y; Z/Z	$U_{1v}\sqrt{1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1-\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+\sqrt{3}k_1+k_1^2}$
4	120	Y/Y Δ/Δ; Δ/Z	$U_{1v}\sqrt{1+k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1-k_1+k_1^2}$	$U_{1v}(1+k_1)$
5	150	Δ/Δ Δ/Y; Y/Z	$U_{1v}\sqrt{1+\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+\sqrt{3}k_1+k_1^2}$
6	180	$^1/_1$ أو Y/Y Δ/Δ Δ/Y	$U_{1v}(k_1+1)$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1+k_1^2}$
7	210	Y/Δ; Δ/Y; Y/Z	$U_{1v}\sqrt{1+\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1^2}$
8	240	Y/Y Δ/Δ; Δ/Z	$U_{1v}\sqrt{1+k_1+k_1^2}$	$U_{1v}(k_1-1)$	$U_{1v}\sqrt{k-k_1+k_1^2}$
9	270	Y/Δ; Δ/Δ; Y/Z	$U_{1v}\sqrt{1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1-\sqrt{3}k_1+k_1^2}$
10	300	Y/Y; Δ/Δ Δ/Z	$U_{1v}\sqrt{1-k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1+k_1^2}$	$U_{1v}(k-1)$
11	330	Δ/Δ Δ/Y Y/Z	$U_{1v}\sqrt{1-\sqrt{3}k_1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1+k_1^2}$	$U_{1v}\sqrt{1-\sqrt{3}k_1+k_1^2}$

الى الاتجاه الموجب ، فان مجموعة التوصيل لدى المحول الجارى فحصه تكون مجموعة صفرية (١٢) ، اما اذا كان انحراف المؤشر موجها نحو الاتجاه السالب ، فان مجموعة التوصيل تكون المجموعة السادسة .

قياس مقاومة ملفات المحول للتيار المستمر ، ينفذ لجميع الفروع التى يمكن التوصل اليها فى ملفات جميع الاطوار ، وتقاس عادة ، المقاومات بين المآخذ الخطية . وعندما يمكن التوصل الى المأخذ الصفرى يسمح بقياس المقاومات الطورية على شرط ان لا تزيد مقاومة الدائرة الصفرية للمأخذ من ٢٪ من المقاومة الطورية للملف .

وعند قياس المقاومة تثبت درجة حرارة الملف . ويسمح باعتماد درجة حرارة ملف المحول الزيتى المفصول لمدة طويلة ، على انها درجة حرارة الطبقات العلوية لازيت فى المحول ، اما اذا كان المحول المفصول لمدة طويلة فى وسط درجة حرارته لا تتغير عمليا ، فتؤخذ درجة حرارته على انها درجة حرارة الوسط المحيط (الهواء) .

لا تختلف طريقة قياس مقاومة ملفات المحول للتيار المستمر عمليا عن طرق قياس مقاومة الملفات فى المكنات ، التى ورد شرحها اعلاه .

عند اجراء القياسات بطريقة هبوط الفلطية (بطريقة مقياس الامبير ومقياس الفولط) يجب ان لا يزيد التيار عن ٢٠٪ من التيار المقدر للملف المعطى للمحول . ويجب ان لا يزيد انحراف المقادير المقاسة عن الحسابية بمعدل ٢٪ . -

اختبار المتانة الكهربائية لعينة من الزيت . يجب ان يلبى زيت المحولات المتطلبات الواردة فى الجدول ٢٩ من حيث الفلطية الخارقة .

يجرى فحص زيت المحولات بمساعدة اجهزة خاصة . ومن الضرورى اخذ عينة الزيت من خزان المحولات التى تكون فلطيتها ٣٥ كيلوفولط وأعلى ، وكذلك عندما تكون قدرة المحول أعلى من ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير مهما كانت الفلطية . أما بالنسبة للمحولات ذات القدرة الاصغر والفلطية الاقل ، فيسمح فى بعض الظروف باخذ عينة الزيت ليس من الخزان ، وانما من الوعاء الذى يحفظ فيه الزيت .

الجدول ٢٩

شروط تكنولوجية لزيوت المحولات من حيث الفلطية الخارقة

الفلطية المقدرة للمحولات كيلوفولط	الفلطية الخارقة لا تقل عن، كيلوفولط	
	الزيت الطازج	الزيت الاستثماري
اقل من ١٠	٣٥	٢٠
من ١١ الى ٣٥	٣٥	٢٥
من ٣٥ الى ٢٢٠	٤٠	٣٥

قياس مقاومة عازل المحول يجرى بواسطة مقياس ميغا اوم محسوب لفلطية ٢٠٠٠ ــ ٢٥٠٠ فولط بحيث يكون الحد العلوى للقياس لا يقل عن ١٠٠٠٠ ميغا اوم. ويسمح باستخدام مقياس ميغا اوم محسوب على ٥٠٠ و ١٠٠٠ فولط مع الحد العلوى للقياس ١٠٠٠ ميغا اوم من اجل المحولات التى تصل قدرتها حتى ٦٣٠ كيلوفولط أمبير . ويجب القيام بالقياس عندما تكون درجة حرارة الطبقات العلوية للزيت لا تقل عن +١٠°م . وفى المحولات التى تعادل قدرتها ١٠٠٠ كيلوفولط امبير واعلى ، يسمح باجراء القياس ليس بأقل من ١٢ ساعة بعد سكب الزيت فى الخزان . وقبل بداية كل قياس يجب تأريض الملف الجارى فحصه خلال فترة لا تقل عن دقيقتين .

تؤخذ قراءة مقاومة العازل مرتين : بعد مضى ١٥ ثانية R_{15} وبعد مضى ٦٠ ثانية R_{60} من تطبيق الفلطية .

ويجرى القياس عندما تكون مخططات التوصيل كما يلى : يؤرض ملف الفلطية العالية والخزان عند قياس مقاومة عازل ملف الفلطية المنخفضة ؛ ويؤرض ملف الفلطية المنخفضة والخزان عند قياس مقاومة عازل ملف الفلطية العالية ؛ يؤرض الخزان ويوصل ملفا الفلطية العالية والفلطية المنخفضة احدهما مع الاخر عند قياس مقاومة عوازل الملفات بالنسبة للخزان (ينفذ هذا القياس لدى المحولات التى تزيد قدرتها على ١٠٠٠ كيلوفولط أمبير) .

وعند قياس مقاومة العازل يوصل السلك من الخزان مع المأخذ E (ارض) لمقياس الميغا اوم، اما سلك الملف فيوصل مع المأخذ L (خط) ؛ وعند قياس مقاومة العازل بين الملفات يجب وصل السلك من ملف الفلطية المخفضة مع المأخذ E ، ووصل السلك من ملف الفلطية العالية مع المأخذ L .

ويعطى قياس القيم R_{60} و R_{15} امكانية تحديد معامل الامتصاص لملف المحول : $C_{60} = R_{60}/R_{15}$. وليس للمدلولات R_{15} ، R_{60} ، C_{60} مقايسات عيارية ، لأن قيمها لا تتعلق فقط بحالة العازل وانما تتعلق ايضا بأبعاد وتصميم المحول .

ويعتبر عادة فى التطبيق العملى ان معامل الامتصاص C_{60} يجب ان لا يقل عن ١,٣ عندما لا يكون العازل مرطبا وعندما تكون درجة حرارة الملف حوالى ٢٠ – ٣٠°م .

اختبار المتانة الكهربائية للعازل . يتم اختبار المتانة الكهربائية للمحولات بطريقتين :

– بتطبيق الفلطية العالية ذات التردد الاعتيادى (عندئذ تتعرض للاختبار العوازل الرئيسية للمحول) ؛

– بتحريض فلطية عالية ترددها من ١٠٠ الى ٤٠٠ هرتز فى المحول ذاته (عندئذ تتعرض للاختبار بشكل رئيسى العوازل الطولية للمحول) .

عند اجراء الاختبار بتطبيق فلطية عالية ترددها اعتيادى ، تقصر مآخذ ملفى الفلطية العالية والفلطية المنخفضة (لكل ملف على حدة) ، ويؤرض احد الملفين مع خزان المحول ، اما الفلطية العالية الواردة من وحدة الاختبار (محول الاختبار) فتوصل مع الملف المؤرض (المأخذ الثانى لوحدة الاختبار مؤرض) .

يفحص اولا ملف الفلطية المنخفضة ثم ملف الفلطية العالية ، ويتم رفع الفلطية تدريجيا بدءا من الصفر حتى ٤٠٪ من قيمته بسرعة اختيارية ، ومن ثم ترفع الفلطية بشكل انسيابى بسرعة تعادل ٣٪ من قيمة الفلطية فى الثانية الواحدة .

ويجب ان لا تقل قدرة الوحدة الاختبارية (محول الاختبار) عن ١٪

من قدرة المحول الجارى اختباره . وتوضع تجهيزة الضبط (المحول الذاتى للتغيير ، ومنظم الجهد وغير ذلك) فى الجانب المنخفض الفلطية لمحول الاختبار .

يحافظ عند اجراء الاختبار على الفلطية العالية خلال دقيقة واحدة ، ثم تخفض الفلطية بشكل انسيابى خلال ٥ ثوان حتى قيمة ٢٥ — ٣٠٪ ، وبعد ذلك تفصل الفلطية .

يجرى الاختبار بتطبيق الفلطية العالية عندما تكون درجة حرارة الطبقات العلوية للزيت حوالى + ٢٠° م ، وبعد مضى ١٠ — ٢٠ ساعة على سكب الزيت (لكى تخرج فقاعات الهواء من الزيت) .

يعتبر المحول قد اجتاز الاختبار بنجاح اذا لم يحصل خرق للعازل اثناء الاختبار او خروج الغازات والدخان ، وكذلك اذا لم يحصل انخفاض فلطية الاختبار .

يبين الجدول ٣٠ الفلطيات الاختبارية المستخدمة عند اختبار العازل الرئيسى للمحولات الزيتية بتطبيق الفلطية العالية ذات التردد الاعتيادى .

ينصح باجراء اختبار العازل الطولى بالفلطية الحثية (المحرضة) ، للمحولات المصلحة (فى حال توفر الامكانيات الفنية) ، ويكون هذا الاختبار الزاميا للمحولات الجديدة . وينفذ الاختبار فى نظام العمل بدون تحميل ، عن طريق توصيل الفلطية المقدرة المزدوجة ذات التردد المرتفع من ١٠٠ الى ٤٠٠ هرتز ، الى مآخذ احد الملفات ، مع العلم بان التردد المرتفع يساهم فى تجنب الزيادة المفرطة لتيار التمغنط .

يستمر الاختبار دقيقة واحدة بالتردد ١٠٠ هرتز ، ومع ازدياد التردد يقل زمن الاختبار بشكل يتناسب معه ، على أن لا يقل عن ٢٠ ثانية . وتطبق الفلطية المحرضة الاختبارية وتنزع بشكل انسيابى ، كما فى طريقة الاختبار بتطبيق الفلطية ذات التردد الصناعى .

قياس الضياعات وقياس شدة التيار عند عمل المحول بدون تحميل .
عند اجراء هذه الاختبارات توصل الفلطية المقدرة ذات التردد الاعتيادى مع احد ملفى المحول (عادة مع ملف الفلطية المنخفضة) ، بينما تكون دائرة الملف الآخر مفتوحة .

الجدول ٣٠

الفلطيات الاختبارية للعازل الرئيسى لملفات المحولات الزيتية (مع المآخذ) عند التردد ٥٠ هرتز

ظروف الاختبار	صنف عازل الملفات بالنسبة للفلطية، كيلوفولط						
	اقل من ٠,٥٢٥	٣	٦	١٠	١٥	٢٠	٣٥
١ – فلطية الاختبار فى المصنع، كيلوفولط	٥	١٨	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥	٨٥
٢ – فلطية الاختبار بعد الاصلاح الشامل:							
– مع التبديل الجزئى للملفات والعوازل (٠,٩ من الفقرة١)، كيلوفولط	٤,٥	١٦	٢٢	٣١	٤٠	٤٩	٧٦
– بدون تبديل الملفات والعوازل (٠,٨٥ من الفقرة ١)، كيلوفولط	٤,٢٥	١٥,٣	٢١,٢	٢٩,٦	٣٤,٠	٤٦,٧	٧٢,٢

ملاحظة : بعد الاصلاح العام مع التبديل الكامل للملفات والعوازل فى مصانع الاصلاح تطبق المعدلات المصنعية لفلطية الاختبار (الفقرة١) .

يجب ان تكون فلطية التغذية جيبية الشكل عمليا ، ويجب ان تكون منظومة فلطيات التغذية الثلاثية الاطوار متناظرة عند اختبار المحولات الثلاثية الاطوار ، ، اى يجب ان لا تختلف كل فلطية خطية عن المتوسط الحسابى أكثر من ٤,٥٪ .

اثناء اجراء التجربة تقاس الضياعات وشدة تيار عمل المحول بدون تحميل ، تقاس القدرة والتيار المستهلكين عند العمل بدون تحميل . وتقاس القدرة المستهلكة للمحولات الثلاثية الاطوار عادة بواسطة مقياس الفولط ؛ ويقاس التيار فى جميع الاسلاك الخطية الثلاثة . وتقاس الفلطيات الخطية الثلاثة الموصولة مع المحول فى وقت واحد.

عند القيام بتجربة العمل بدون تحميل يكون معامل القدرة صغيرا جدا ،

لذا ينصح باستخدام مقاييس واط يكون فيها $\cos \varphi$ صغيرا لهذه الاختبارات ، مثلا الطراز Д542 درجة دقته ٠,٥ .

يؤخذ المتوسط الحسابى لمدلولات مقاييس الامبير الثلاثة بمثابة تيار العمل بدون تحميل عند اختبار المحولات الثلاثية الاطوار ، وتعتمد قيمة فلطية التغذية كمتوسط حسابى لمدلولات مقاييس الفولط الثلاثة .

يمكن ان تفوق الضياعات المقاسة فى تجربة العمل بدون تحميل على القيمة العيارية بمقدار ١٥٪ ، اما التيار المقاس للعمل بدون تحميل فيمكن ان يفوق القيمة العيارية بمقدار ٣٠٪ .

اذا اختلفت قيمة التردد عن القيمة الاسمية اثناء القيام بتجربة العمل بدون تحميل (يسمح بحدود ± ٢٪) ، من الضرورى تغيير فلطية التغذية بالفولط ، طبقا للصيغة $U_{\rm f}=U_{\rm n}f'/50$ ، حيث f' — التردد الفعلى ، هرتز ؛ $U_{\rm n}$ — الفلطية الاسمية ، فولط ؛ $U_{\rm f}$ — القيمة اللازمة لفلطية الاختبار ، فولط . وعندئذ القيمة المقاسة للتيار على انها تساوى القيمة الفعلية لتيار العمل بدون تحميل ، اما الضياعات المقاسة فيعاد حسابها بموجب الصيغة :

$$P_0=\frac{P'_0\,(1+\alpha)}{\left(\frac{f'}{50}\right)+\alpha\,\frac{f'}{50}}$$

حيث P_0 — الضياعات المقاسة عند التردد f'، واط ؛ $\alpha=4$ — للفولاذ المدرفل على الساخن ؛ $\alpha=1$ — للفولاذ المدرفل على البارد .

اذا اختلف الفلطية اثناء التجربة (U') عن الفلطية الاسمية $(U_{\rm n})$ ، يجب تحويل القيمة المقاسة للضياعات (P'_0) الى الشروط الاسمية حسب الصيغة $P_0=P'_0\left(\frac{U_{\rm n}}{U'}\right)^2$.

وفى تلك الحالة التى يرافقها اثناء اجراء تجربة العمل بدون تحميل تغيير فى الفلطية والتردد عن القيم الاسمية ، فان تحويل الضياعات المقاسة P'_0 الى الشروط الاسمية يتم حسب الصيغة : $P_0=P'_0\left(\frac{U_{\rm n}}{U'}\right)^2\frac{1+\alpha}{1+\alpha\,\frac{50}{f'}}$

قياس الضياعات والفلطية عند قصر الدائرة . وتنفذ هذه التجربة بالطريقة التالى شرحها ، حيث يقصر احد ملفى المحول ؛ ويقصر عادة ملف الفلطية المنخفضة عند المآخذ . ويغذى الملف الآخر من منبع فلطيته قابلة للتغيير وتياره متناوب وتردده اعتيادى . وتضبط فلطية التغذية بحيث يتولد التيار الاسمى فى ملف المحول .

تقاس اثناء التجربة قيمة التيار فى جميع الاسلاك الخطية الثلاثة ، وتقاس الفلطيات الخطية الثلاثة ، وكذلك تقاس القدرة المستهلكة من قبل المحول (عادة بموجب مخطط مقياس الفولط) . وتحدد قيمتا الفلطية والتيار كمتوسط حسابى لمدلولات اجهزة القياس فى الاطوار الثلاثة .

وتسجل عند التجربة درجة حرارة الطبقات العلوية للزيت التى تعتبر درجة حرارة الملف .

ويسمح باجراء الاختبار عندما لا يقل التيار I' عن $\frac{1}{4}$ التيار الاسمى؛ وعندئذ يتم تحويل الفلطية المقاسة والضياعات عند قصر الدائرة الى التيار الاسمى بموجب الصيغ التالية :

— من اجل فلطية قصر الدائرة $U_{\text{sh}} = \frac{U'_{\text{sh}} I_{\text{n}}}{U_{\text{n}} I'} 100\%$

— من اجل ضياعات قصر الدائرة $P_{\text{sh}} = P'_{\text{sh}} \left(\frac{I_{\text{n}}}{I'}\right)^2$

حيث U'_{sh} — الفلطية المقاسة فى التجربة ، فواط ؛ I' — التيار فى التجربة ، امبير ؛ P'_{sh} — الضياعات المقاسة فى التجربة ، واط .

ان الضياعات عند تقصير الدائرة بعد تحويلها الى التيار الاسمى ، يجب ان تحول بعد ذلك الى درجة الحرارة الاسمية ٧٥°م بموجب الصيغة $P_{\text{sh.n}} = P_{\text{sh}} k_{\text{t}}$ ، حيث $k_{\text{t}} = 310(235 + t)$ للملف النحاسى ، او $k_{\text{t}} = 320/245 + t$ للملف المصنوع من الالومنيوم ؛ t — درجة حرارة الملف اثناء التجربة ، °م .

ويجب تحويل فلطية تقصير الدائرة U_{sh} المحولة الى التيار الاسمى ، الى درجة الحرارة الاسمية ايضا ، فى تلك الحالة التى تكون فيها المركبة الفعالة لهذه الفلطية U_{a} تفوق ١٥٪ للفلطية الكاملة لتقصير الدائرة .

وتحسب المركبة الفعالة ، ٪ ، حسب العلاقة : $U_a = \frac{P_{sh}}{10 \cdot P_n}$ حيث

P_n – القدرة الاسمية ، كيلوفولط أمبير .

اذا كانت هذه المركبة تفوق ١٥٪ ، فان تحويل فلطية تقصير الدائرة الى درجة الحرارة الاسمية يتم بموجب الصيغة :

$$U_{sh.n} = \sqrt{U_{sh}^2 + U_a^2 (k_t^2 - 1)}$$

وعندما يختلف التردد فى التجربة f' عن التردد الاسمى ، يتم تحويل فلطية تقصير الدائرة الى التردد الاسمى حسب الصيغة :

$$U_{sh.f.n.} = U_{sh} \frac{f_n}{f'}$$

يسمح بالانحراف عن المعدل بالنسبة للقدرة (الضياعات) عند تقصير الدائرة ، وبالنسبة لفلطية تقصير الدائرة ، فى حدود ± ١٠٪ .

فحص خزان المحول للتأكد من احكامه . يجرى هذا الفحص عن طريق توليد ضغط زائد للزيت ضمن الخزان . ويجب ان لا تقل درجة حرارة الزيت عن +١٠°م .

ويعتبر المحول بانه اجتاز الاختبار بنجاح اذا لم نعثر على تسرب الزيت بعد مضى ٣ ساعات عبر موصلات الاحكام أو أماكن اللحام .

أسئلة للمراجعة

١ – ما هو الهدف من مختلف انواع الاختبارات بعد اصلاح المكنات ؟

٢ – ما هى المقاييس والتجهيزات الخاصة التى تستخدم فى اختبار ملفات المكنات الكهربائية والمحولات ؟

٣ – تحدث عن اهداف ومضمون الرقابة المرحلية والاختبارات الجارية عند اصلاح ملفات المكنات الكهربائية والمحولات .

٤ – ما هى الاختبارات تجرى بعد اصلاح المكنات اللامتزامنة ؟

٥ – تحدث عن طرق القيام باختبارات ما بعد الاصلاح للمكنات المتزامنة .

٦ – ما هو مضمون اختبارات المكنات العاملة بالتيار المستمر بعد اصلاحها ؟

٧ – تحدث عن اختبارات محولات القدرة بعد اصلاحها .

المحتويات

ص

الباب الأول . تركيب المحولات

الباب الثانى . تركيب المكنات الكهربائية

الباب الثالث . مواد الموصلات الكهربائية والمغناطيسية

الباب الرابع . المواد العازلة

الباب الخامس . مخططات الملفات المستخدمة فى المكنات الكهربائية

الباب السادس . تنظيم اصلاح المكنات الكهربائية والمحولات

الباب السابع . تكنولوجيا اعمال التحضير و العزل

الباب الثامن . تكنولوجيا اصلاح الاجزاء العازلة والملفات فى المحولات

الباب التاسع . تكنولوجيا اصلاح الملفات فى المكنات الكهربائية

الباب العاشر . تثبيت الملفات وتشريبها وتجفيفها . انجاز أعضاء الانتاج

الباب الحادى عشر . الرقابة والاختبار عند اصلاح الملفات فى المكنات الكهربائية والمحولات

الى القراء الأعزاء

يسر دار «مير» للطباعة والنشر ان تكتبوا اليها عن رأيكم فى هذا الكتاب ، حول مضمونه وترجمته واسلوبه وشكل عرضه ، وتكون شاكرة لكم لو ابديتم لها ملاحظاتكم وانطباعاتكم . ويسر الدار كذلك ان تعلموها بما ترغبون الاطلاع عليه من الكتب العلمية والتكنيكية السوفييتية التى تصدرها ، والمختارة من أفضل المراجع الجامعية والكتب العلمية المبسطة .

وبامكانكم الحصول على اسمائها من الكاتالوجات التى تنشرها الدار باللغات العربية والانجليزية والفرنسية والاسبانية .

يرجى ارسال الطلبات الى وكلاء مؤسسة «ميجدونارودنايا كنيغا» السوفييتية المعتمدين فى البلدان العربية .

عنوان دار «مير» :

الاتحاد السوفييتى – موسكو ۱۱۰ بيرفى ريجسكى بيريولوك ، رقم ۲ .

سيصدر قريبا

"الرسم الصناعى"
تأليف ى. فيشنيبولسكى ، عدد الصفحات
٣٠٠ ، القياس ١٥×٢٢ سم ، مصور ،
غلاف من الكرتون المغشى

يقدم المؤلف مدخلا الى كتابه يشرح فيه أصول الرسم الصناعى وقواعده ، ثم يبين الأهمية العملية للانشاءات الهندسية ، بعدئذ يدرس الاسقاطات المنظورية بشكل عام والاسقاطات العمودية منها بشكل مفصل ، ومن ثم ينتقل الى شرح المقاطع فى الرسوم الهندسية و الصناعية المختلفة ، فيبين آلية تبسيط الرسوم وتفصيلها وتفكيكها .

وميزة الكتاب الرئيسية هى أن كل بند منه مرفوق بمسائل مبرمجة هادفة الى تنشيط الخيال الهندسى و تطويره ، وأن خاتمته عبارة عن معطيات شيقة تساعد على ايجاد الأجوبة الصحيحة للمسائل المذكورة . كما أن نص الكتاب معروض بأسلوب مبسط وسلس ومرفوق بالأشكال الملونة .

الكتاب مخصص لطلاب الثانويات الصناعية و المدارس المهنية ويفيد طلاب المعاهد الهندسية المتوسطة و العمال الفنيين .

سيصدر قريبا

"المكنات الزرعية"

تأليف أ. كاربنكو، ف. خلانسكى، عدد الصفحات ٦٠٠، القياس ١٤×٢٢، مصور، الغلاف من الكرتون، بجاكيت

طرح المؤلفان فى هذا الكتاب باسلوب جيد وسلس التركيب العام للمكنات الزراعية والعمليات التكنولوجية لها، وطرق التنظيم الاساسية لوحداتها وذلك لاحل مكننة عمليات تحضير التربة والبذار ونثر الاسمدة ووقاية المزروعات من الامراض والحشرات الضارة وأساليب الرى وتهيئة الاعلاف وطرق الحصاد ومعاملة الترب بعد حصاد المحاصيل الزراعية الاساسية والبساتين ومزارع الكروم.

ويتضمن الكتاب على معلومات وافية حول الخواص الفيزيوميكانيكية للتربة وللمزروعات وعلى المتطلبات الزراعية لتنفيذ العمليات بواسطة المكائن، وكذلك على المعلومات العامة حول طرق التنظيم الاولية للاعضاء العاملة للمكنات. كما ويحتوى الكتاب على عدد كبير من الرسوم والجداول لتبيان الخواص التصميمية والتكنولوجية للمكنات الزراعية.

لقد صدرت لهذا الكتاب خمس طبعات باللغة الروسية وحصلت جميعها على تقدير عال من قبل الاخصائيين.

ان كتاب المكنات الزراعية مخصص لطلبة الكليات والمعاهد الزراعية كما ويمكن ان يستعمل كمرجع للاخصائيين الزراعيين والميكانيكيين الزراعيين ايضا.

